

الألف
كتاب
١٥٢

اسحق عظيموف

السحرة المشفرة

أسرار السوبرنوف



ترجمة: د. السيد عطا

الهيئة المصرية
العامة للكتاب

الشمس المنفجرة
أسرار السوبرنوفا

الألفا كتاب الثاني

الإشراف العام
و. سمير سرحان
رئيسة مجلس الإدارة

رئيس التحرير
لمسعى المطيعي

مدير التحرير
أحمد صليحة

الإشراف الفني
محمد قطب

الإخراج الفني
محسنة عطية

الشموس المنفجرة

أسرار السوبرنوفنا

تأليف
إسحق عظيموف

ترجمة
د. السيد محمد عطا



المكتبة المصرية العامة للكتاب

١٩٩٤

هذه هي الترجمة العربية الكاملة لكتاب :

THE EXPLODING SUNS

The Secrets of the Supernovas

by

ISAAC ASIMOV

الفهرس

الموضوع	صفحة
مقدمة	٧
★ الباب الأول : النجوم الجديدة	
السماء المستعرة	٩
التغير فى النجوم	١٢
النجوم « ضيوف » الصين	١٨
المستعر الاول	٢٢
مزيد من النجوم المستجدة	٢٦
★ الباب الثانى : النجوم المتغيرة	
رؤية المستتر	٢٩
حركة ومسافة	٣٤
النجوم المتجددة الحديثة	٣٧
ما هو مقدار شدة الاضاءة ؟	٤٢
★ الباب الثالث : النجوم الكبيرة والصغيرة	
الطاقة الشمسية	٤٧
المتقزمات البيضاء	٥٣
النجوم العملاقة الحمراء	٥٨
الثنائيات والانتهيار الانقباضى	٦١
★ الباب الرابع : انفجارات اعظم	
ماذا بعد المجرة ؟	٦٧
س اندروميدى	٧٤
مجرة اندروميديا	٧٧
المتجددات العظمى (سوبر نوفا)	٨٢
★ الباب الخامس : متقزمات أكثر تقزما	
سديم السرطان	٨٦
النجوم النترونية	٩١
الأشعة السينية وموجات الراديو	٩٥
النباضات الاشعاعية (بلسار)	١٠٠

★ الباب السادس : انواع الانفجارات

١٠٧	النوعان آ و ب
١١٢	الثقوب السوداء
١١٦	الكون المتعدد
١٢١	الانفجار العظيم

★ الباب السابع : العناصر

١٢٥	زينة الكون
١٢٩	الهيدروجين والهيليوم
١٣٤	الافلات من النجوم
١٤٣	الافلات عن طريق كارثة

★ الباب الثامن : نجوم وكواكب

١٤٩	الجيل الأول من النجوم
١٥٢	الجيل الثاني من النجوم
١٥٧	تكون النجوم
١٦٣	تكون الأرض

★ الباب التاسع : الحياة والطور

١٦٧	الحفريات
١٧١	نشأة الحياة
١٧٥	تكون الأنواع المختلفة من الكائنات الحية
١٧٨	علم الوراثة

★ الباب العاشر : الأحماض النووية والتغاير الاحيائي

١٨٣	التركيب الجيني
١٨٧	تغيرات الجينات
١٩١	عوامل التغاير الجيني
١٩٤	الاشعة الكونية

★ الباب الحادى عشر : المستقبل

٢٠١	المجال المغناطيسى للأرض
٢٠٦	الاندثارات العظمى
٢٠٩	الفضاء
٢١٢	السوبر نوبا القادم

مقدمة

قال رسول الله صلى الله عليه وسلم :
« اطلبوا العلم ولو فى الصين »

يتناول هذا الكتاب الشيق موضوعا جذابا يشمل بتفصيل جميل كل ما يتعلق بنشأة الكون منذ الانفجار العظيم الذى وقع قبل خمسة عشر بليون سنة وما صاحبه من تكون سحب ضخمة من الهيدروجين والهيليوم هى أصل كل شئ .

ويساط الكتاب الضوء على الظاهرة المعروفة باسم السوبرنوفات أو الشمس الضخمة غير المستقرة والتي تعد انفجاراتها المروعة أعنف ما تشهده الأكوان من أحداث على الإطلاق . وتنسب الأبحاث الفلكية الحديثة كل ما يحتويه الكون الفسيح من عناصر وكواكب ومجرات شاسعة وشتى صور الحياة الى هذه الانفجارات .

وقد يختلف كثيرون مع المؤلف فى وجهات نظره التى عبر عنها بالنسبة لمسألة أصل الخلق ونشأة الكون ، الا أن ذلك لا يمنع من الاعتراف له بغزارة علمه وبراعته وحنكته فى العرض والتحليل وأسلوبه المبسط فى تناول موضوع معقد .

ولأن المؤلف حجة فيما تصدى له من موضوعات وذو قدرة لا تنكر على تقريب مسائل علمية قد يشق تناولها ، الى مستوى القارئ العادى ولا نقول المتخصص ، فانه يحدونا الأمل أن تحقق ترجمتنا لكتاباه غايتنا منها وهى أن تكون اسسهما متواضعا فى نشر آفاق التفكير العلمى فى وطننا المصرى والعربى على نحو ما نطمح اليه جميعا .

والله الموفق وعليه قصد السبيل

النجوم الجديدة

السماء المستقرة

لو تطلعنا الى السماء فى ليلة صافية غير مغمرة لابد وان نقف مشدوهين ازاء السكون الذى يعم كل شيء . فالنجوم تتلأأ بتوهج ثابت فى تشكيلات مستقرة ، ويبدو للناظر الى السماء من النصف الشمالى من الكرة الأرضية أن النجوم تتحرك فى قرص دائرى منتظم يقع مركزه بالقرب من النجم الشمالى وتدور دورة كاملة كل ٢٤ ساعة .

وفى تمام منتصف كل ليلة يتزحزح المنظر قليلا كما لو كانت الشمس تدور عكس تشكيل النجوم ولكن أبطأ كثيرا من الحركة اليومية ، حيث تستكمل الشمس دورتها فى $\frac{1}{365}$ يوم . وتتسم الحركتان الدائريتان بالانتظام الكامل ولا يتغير تشكيل النجوم مع الدوران .

وقد اعتقد الفيلسوف اليونانى ارسطو (٣٨٤ - ٣٢٢ قبل الميلاد) أن ما تتسم به السماء من استقرار هو أحد قوانين الطبيعة . وإذا كان كل شيء على الأرض قابلا للتغيير والتداعى فكل شيء فى السماء يتميز بالاستقرار والكمال والدوام . وتميل الأشياء على الأرض الى السكون (ما لم تكن تدب فيها الحياة) وتتعرض للسقوط ، أما فى السماء فلا توقف مطلقا وكل شيء يتحرك فى دوائر محددة بلا نهاية .

وقد ذهب أرسطو فى اعتقاده الى أن الأرض والسماء مختلفتان اختلافا جوهريا فى تكوينهما . فكل شيء على الأرض مكون من أربعة «عناصر» أو من أربعة أنواع من المواد الأساسية - التربة والماء والهواء والغاز ، أما السماء بكل ما تشمله فهى مكونة من عنصر خامس مكتمل ومتوهج بطبيعته أسماء « اثير » وهو الاسم اليونانى لكلمة « توهج » .

ولا شك أن كثيرا من المفكرين السالفين كانوا يؤمنون باستقرار

النظام فى السماوات ، الا أن أرسطو كان ابرزهم - بدليل أن أعماله هى التى بقيت - ومن ثم فـلقد اعتبر دائما المرجع الرئيسى لهذا الفكر .

ويعد هذا الفكر منطقيا ، فهو يتفق للوهلة الاولى مع مشاهدتنا العامة . فـكل منا يرى بعينه أن الأشياء على الأرض تأتى الى الوجود وتنمو وتتغير ثم تتلف وتضمحل لتفنى فى نهاية الأمر . أما الشمس وكل الاجرام السماوية الأخرى فهى تبدو دائمة بلا أى تغيير .

غير أن هناك من الظواهر ما يتناقض مع أفكار أرسطو بشأن الاستقرار السماوى ولو تفكرنا بدقة فسوف نلاحظ هذه الظواهر . فثمة تغيرات تحدث فى السماوات ومنها ما هو واضح جلى . فالسحب مثلا تتكون وتتبدد ، تتكاثر وتتلبد حتى تحجب السماء أو تترقق لدرجة التلاشى . والأمطار والصور الأخرى من التكثف والترسيبات تسقط من السماء الى الأرض ثم تتوقف .

الا أن الغيوم والتكثفات تفاعلات موجودة فى الهواء - والهواء هو أحد العناصر الأربعة المكونة للأرض - وفقا لفكر أرسطو ، ومؤكد أن علماء الفلك فى العصر الحديث يتفقون معه فى ذلك . وقد اعتبر أرسطو أن الغلاف الجوى ممتد حتى القمر ، وهو أقرب الاجرام السماوية الى الأرض ، أما « وهج » السماء وصفة الاستقرار فهما يبدآن عند القمر ويشملان كل ما بعده ولا شئ قبله .

يبد أن السماء تشهد تغيرات أخرى بخلاف الأحوال الجوية . فلو تطلع أحد الى السماء فى سكون الليل سيجد أحيانا نقطة ضوء تتحرك عبر ظلامها ويخبو نورها تدريجيا وسرعان ما تتلاشى . ويخال للمرء أن أحد النجوم انفصل عن السماء وانزلق سرهما عبرها وربما سقط على الأرض . ويسمى ذلك أحيانا « شهاب » ولكنه فى الواقع ليس نجما حقيقيا، فهما نكن قد رصدنا من « شهب » فلم يحدث أن فقدت القبة السماوية أيا من نجومها .

ويرى أرسطو أن الشهب هى الأخرى ظواهر تحدث فى الإجماء المحيطة ولكن داخل الغلاف الجوى للأرض ، من ثم أطلق عليها « meteor » وهو اسم مستوحى من كلمة يونانية تعنى « أشياء فى الجو » . وينطبق هذا اللفظ تماما على الشعاع الضوئى دون مسواه . وتلك نقطة حالف أرسطو الصواب فيها ، إذ أن ذلك الشعاع يظهر فى الجو وهو ناتج عن أجسام صغيرة يتراوح حجمها بين كتلة كروية كبيرة ورأس الدبوس ، تتحرك فى الفضاء وتنتهى بأن ترتطم بالأرض . ولدى اختراق هذه الأجسام الجو بسرعة فائقة ترفع المقاومة الهوائية درجة حرارتها بما يحولها الى وهج أبيض ملتهب .

ويطلق حاليا على هذه الأجسام نيازك ومنها نوعان : الأحجام الصغيرة التي تتبخر تماما على بعد مسافة كبيرة من سطح الأرض الذي تصله وقد تحولت الى غبار ناعم وهذه تسمى شهباء . أما الأحجام الكبيرة التي لا تنفى ولو جزئيا فقد يرتطم جزء أو أكثر من حطامها بالأرض . وهذا الحطام يسمى رجوما . (كان العلماء حتى مطلع القرن التاسع عشر عازفين عن قبول فكرة افكان سقوط أجسام صلبة من السماء) .

علاوة على ذلك تشهد السماء عشوائيا ظهور واختفاء مذنبات متنوعة ذات أشكال غريبة متباينة (ومن ثم فهي ليست أشكالا نموذجية) . ويحدث أن يتغير شكل تلك المذنبات ليلة عن ليلة ، ومع ذلك يبرر أرسطو ذلك بأن المذنبات تعتبر مناطق أبخرة ملتهبة في طبقات الجو العليا ومن ثم فهي أجسام تابعة للأرض وليس للسماء . (وهو مخطئ) تماما في هذا التبرير غير أن أحدا لم يستطع اثبات هذا الخطأ حتى أواخر القرن السادس عشر) .

ولو استبعدنا الطقس والنيازك والمذنبات فإن يبقى سوى القمر والأجرام السماوية الأبعد منه .

ويخضع القمر ذاته للتغير بالتأكيد ، فشكله يتغير كل ليلة ويمر بسلسلة متعاقبة من الاطوار « Phases » وهو لفظ مستوحى من كلمة يونانية بمعنى « الهيئة » . وحتى عندما يكون القمر بدرا وعلى هيئة دائرة كاملة من الضوء (ومن ثم يتسم بكمال الشكل الذي نتصوره لجسم سماوى) فهو لا يخلو من ظلال وبقع تمثل بالتأكيد عيوباً تشوبه .

وكان هناك اتجاهان لتبرير ذلك . فقد أشار فريق من الناس من المصريين القدم والأوسط الى أنه بما أن القمر هو أقرب الأجرام السماوية الى الأرض المشوبة بالعيوب والخلل فهو بالتالى الأكثر تعرضا لتأثيرها . ومن ثم فإن البقع التي تلمع القمر ما هي الا أبخرة منبعثة من الأرض .

أما التبرير الآخر للتغيرات التي تطرأ على القمر فمؤداه أنه من الجائز حدوث تغير في جرم سماوى نموذجي شريطة أن يكون هذا التغير دوريا متكررا على الدوام . بمعنى آخر فإن أى وجه من أوجه عدم الانتظام لا يعد بالضرورة عيبا مادام مستقرا .

ومن هذا المنطلق نجد أن البقع التي تشوب القمر لم تتغير مطلقا ونجد أن أطواره تتكرر بدرجة من الانتظام تجعل من اليسير التنبؤ بالهيئة التي سيكون عليها القمر فى أى ليلة لسنوات قادمة .

وثمة تساؤل آخر يتعلق بالقمر ، اذ بينما يبرز من الشرق ويتحرك غربا في السماء الى أن يتوارى شأنه في ذلك شأن الشمس والنجوم ، فإنه لا يواكب النجوم تماما . فلقد وجد أن القمر يتخذ موقعا مختلفا كل ليلة بالنسبة لخلفية السماء . ويبين من الملاحظة الدقيقة أن ذلك الموقع يتغير بانتظام من الغرب الى الشرق عكس خلفية النجوم ويتحرك في دائرة تكتمل فيما يربو على سبعة وعشرين يوما .

والشمس أيضا ، كما أسلفنا ، تتحرك من الغرب الى الشرق عكس خلفية النجوم ، ألا أن حركة الشمس ابطأ كثيرا من حركة القمر حيث تستغرق دورتها $\frac{1}{4}$ ٣٦٥ يوم .

وإذا كان القمر والشمس غير منتظمين انتظاما كاملا في حركتهما عكس خلفية النجوم ، فلقد كان هناك في نظر القدامى ، حالات أقل انتظاما تتعلق بخمسة من أسطح النجوم ، وكان يلاحظ أيضا أنها تتحرك عكس خلفية النجوم . وقد بلغ من روع الباحثين عن اسرار الكون أن أطلقوا على هذه النجوم أسماء آلهة . وما زالت الأسماء التي أطلقها الرومان مستخدمة حتى الآن وهي عطارد والزهرة والمريخ والمشتري وزحل . تلك النجوم لا تتحرك بانتظام من الغرب الى الشرق عكس خلفية النجوم كحركاتي القمر والشمس ولكنها بدلا من ذلك تتحرك ببطء بين حين وآخر وما تلبث أن تعود أدراجها من الشرق الى الغرب ، ثم تمكس الحركة ثانية لفترة من الزمن وتتحرك في الاتجاه المعتاد ثم تعيد الكرة مرارا وتكرارا . ويتراوح عدد ما تأتي به تلك الكواكب من حركة عكسية بين مرة واحدة في السنة أو نحو ذلك (المريخ) وتسع وعشرين مرة في السنة (زحل) .

وقد سمي اليونانيون الاجرام السبعة ، وهي القمر والشمس وعطارد والزهرة والمريخ والمشتري وزحل Planets (wanderers) أي الكواكب السيارة لأنها تتجول بالنسبة للنجوم الأخرى . وقد انحدر إلينا هذا الاسم بصيغته الحالية Planets أو الكواكب .

ولشرح المسارات المختلفة للكواكب افترض اليونانيون أن كل كوكب يقع على كرة تحيط بالأرض وكل كرة داخل الأخرى باختلاف الأقطار . وباعتبار أن الكواكب تكون أقرب الى الأرض كلما زادت سرعة تحركها في السماء ، فإن القمر يقع على الكرة الداخلية الأولى يليها عطارد ثم الزهرة فالشمس فالمريخ فالمشتري وأخيرا زحل . وكل كرة شفافة تماما (بلورية) ولا يمكن رؤيتها . (هذه الكرات هي التي أوجت استخدام كلمة «سماوات»

بصفة الجمع وهي مستخدمة حتى يومنا هذا) • وكان يعتقد أن كل كرة تدور وأن هذا الدوران هو السبب في حركة الكواكب في السماء •

وكان افلاطون (٤٢٧ - ٣٤٧ قبل الميلاد) ، وهو استاذ أرسطو ، يعتبر أن التحركات الدائرية المنتظمة هي الوحيدة التي تنطبق عليها صفة الكمال • ولتبرير التحركات غير المنتظمة ، سعى الى تعميم صفة الكمال على السماوات ، كان لابد من تقسيم الكواكب في مجموعات متألّفة تتحرك في مسارات دائرية منتظمة • بل ان أرسطو والمفكرين اليونانيين الذين تبعوه حاولوا تكوين مجموعات من المسارات الدائرية أكثر تعقيدا ، تتيج تبرير تحرك الكواكب بنفس الطريقة غير المنتظمة التي كان يبدو أنها تسلكها وتفضي في نفس الوقت الى درة شائبة علم الكمال عنها •

وقد أصبح معروفا اليوم أن النيازك والمذنبات والكواكب السبعة والأرض ذاتها تتبع كلها ما يسمى « بالنظام الشمسي » • ويدور مختلف عناصر النظام الشمسي (بما في ذلك الأرض) حول الشمس ، التي كان الرومان يطلقون عليها اسم « sol » حيث مصدر اسم النظام الشمسي • والشمس نجم لا يختلف عن النجوم الأخرى الا بكونه على هذه الدرجة من القرب اليّنا •

ولو نحينا النظام الشمسي جانبا واقتصرنا على ما وراءه من نجوم فسيبدو فكر أرسطو عن طابع الاستقرار في السماوات صحيحا • وبوسعنا أن نراقب النجوم ليلة بعد أخرى وسنة بعد سنة ، بالعين المجردة (كما كان يفعل القدماء) وغالبا لن نرى أى تغيير •

التغير في النجوم

كان القدماء يعتقدون أن النجوم التي يصل عددها الى نحو ستة آلاف نجم ، تقع على كرة خارجية أكبر من تلك التي ينتمى اليها زحل ، أبعد الكواكب عن الأرض (ولذلك سميت تلك النجوم « بالنجوم الثابتة » لتمييزها عن « النجوم السيارة » أو الكواكب ، المنفصلة في تحركها عن تلك الكرة الخارجية) •

ولم تكن الكرة الخارجية للنجوم شفافة ، بل معتمة ، والنجوم تتلألا خلالها كحبات خرز دقيقة ساطعة • وتدور السماء المعتمة كلها بانتظام تام مرة في اليوم ، حاملة النجوم بحيث لا يتغير موقع كل نجم بالنسبة للآخر • وعنما تشرق الشمس تتحول السماء الى اللون الأزرق وتختفي النجوم لا شيء الا لأن بريق الشمس يطفى عليها •

وكانت نظرية أرسطو بشأن كمال السماوات تنطبق في ذلك الحين
تماما على النجوم الثابتة دون أى لبس .

ويقودنا ذلك الى الحديث عن هيبارخوس (١٩٠ - ١٢٠ قبل
الميلاد) ، أشهر علماء الفلك اليونانيين . فرغم أنه لم تكن لديه أجهزة
يستعين بها ، باستثناء ما اخترعه بنفسه من آلات قليلة بالغة البساطة .
وبالنظر الى النتائج المحدودة للغاية التي توصل اليها من سبقوه من علماء
الفلك ، فان ما أنجزه يكفى لأن يضعه في موقع الصدارة لعلماء الفلك
أجمعين .

وقد عمل هيبارخوس في جزيرة روديسيا على الساحل الجنوبي
الغربي فيما يسمى الآن بتركيا . وقد لجأ ، في سبيل شرح حركة الكواكب ،
الى وضع خريطة دوائر متألفة تفوق أى تقسيم طرح على مدى القرنين
التاليين لوفاء أفلاطون . وقد بقيت خريطة هيبارخوس ، مع بعض التعديلات
الطفيفة ، مرجعا طيلة ألف وسبعمائة عام .

وبعد حوالي ثلاثة قرون من هيبارخوس ، أى نحو عام ١٥٠ م قام
عالم الفلك كلوديوس بطليموس (١٠٠ - ١٥٠ م) بتلخيص النظام الذي
وضعه هيبارخوس ، مع ادخال بعض التعديلات ، في كتاب استمر حتى
العصر الحديث وبقي أكثر من كل كتابات هيبارخوس . ولذلك فقد عرف
النظام الفلكي الذي يقول بأن الارض تقع في مركز الكون وكل الأجرام
الفلكية الأخرى تدور حولها بالنظام « البطلمي » ، وهو ما يشكل جورا على
حق هيبارخوس .

وكان هيبارخوس قد أعد في عام ١٣٤ قبل الميلاد أول خريطة جيدة
للنجوم أدرج فيها ٨٥٠ من أسطح النجوم . (وقد ضم بطليموس هذه
الخريطة الى كتابه بعد اضافة ١٧٠ نجما إليها) . وقد حدد هيبارخوس
في هذه الخريطة موقع كل نجم وفقا لشبكة خطوط طولية وعرضية . كما
وضع تقسيما للنجوم يعتمد على شدة البريق . وقد قسمت النجوم تبعا
لذلك الى ست درجات . وشملت « الدرجة الأولى » أسطح عشرين نجما في
السما « بينما ضمت « الدرجة السادسة » نحو الألفين من النجوم التي
يستعصى رصدها في الليالي غير المقمرة الا على من يتمتع ببصر حasad .
اما الدرجات من الثانية الى الخامسة فتقع بين هذين الحدين .

ومما يبعث على الدهشة أن هيبارخوس لم يصادف أى معارضة في
ذلك حيث لم يكن علماء الفلك القدامى يعيرون النجوم أهمية ولم تكن في
نظرهم سوى خلفية من البقعيات تتحرك أمامها الكواكب . وكانت الكواكب
هي الشيء المهم الذي استحوذ تقريبا على كل اهتمام الفلكيين الأوائل .

وكان معظم الناس يعتقدون أن الكواكب بتحركها تؤثر على الأرض والبشر ،
وانه اذا أمكن التوصل الى نظرية دقيقة للتنبؤ بحركتها فسوف يتيح ذلك
تقرير مدى تأثيرها على مصير كل انسان . ولذا ساد بين الناس في العصور
القديمة اهتمام محمود بالتوصل الى مثل هذا العلم لاستخدامه في
التنجيم .

كان يعتقد أن الشمس والقمر والكواكب الخمسة الأخرى الشبيهة
بالنجوم تدور كلها في حيز ضيق من السماء . وكانت السماء مقسمة الى
اثنتي عشرة منطقة تحتل كلا منها مجموعة من النجوم مثلها أصحاب الخيال
الخصب من القدماء ببعض الأشكال ، عادة أشكال حيوانات . وكل مجموعة
من النجوم سميت « برجاً » وأطلق على الأبراج الاثني عشر التي تدور
الكواكب في فلكلها « Zodiac » أو دائرة البروج وهو اسم مشتق من كلمة
يونانية تعني « دائرة الحيوانات » .

ولعلنا نتساءل عرضاً لماذا رقم الاثني عشر في دائرة البروج ؟ ذلك أن
الشمس تمكث في كل برج لمدة شهر أى مدة دوران القمر دورة كاملة
حول دائرة البروج .

وبالطبع ، قسم الفلكيون بقية السماء أيضاً الى بروج . وفي العصور
الحديثة ، عندما تنقل العلماء جنوباً ودرسوا النجوم في أقصى الجنوب
(وقد كان مستحيلاً رؤية هذه النجوم من المناطق الشمالية حيث ازدهرت
معظم الحضارات القديمة) قسم هذا الجزء أيضاً الى بروج . أما الآن فثمة
ثمانية وثمانون برجاً يقسمون كرة السماء بأكملها ولكن مازال اهتمام
بعض السذج منصّباً على البروج الاثني عشر بدائرة البروج .

وبما أن هيبارخوس ظل يراقب السماء ليلة وراء الأخرى ويتابع
مواقع الكواكب في سبيل اعداد نظرية عن حركة النجوم ، فلا بد وأنه لاحظ
النجوم الثابتة المتاخمة للكواكب ، ولا بد أنه حفظ على الأرجح مواقع
النجوم الأكثر بريقاً في السماء لا سيما تلك التابعة لدائرة البروج .

ويقول العالم الروماني شولار بلينيوس (٢٣ - ٧٩ م) ، الذى
كتب بعد قرنين من هيبارخوس موسوعة عن المعارف البشرية ، ان خريطة
النجوم التي وضعها هيبارخوس استوحاها من « نجم جديد » ظهر في برج
العقرب التابع لدائرة البروج .

ولعلنا نتخيل مدى دهشة هيبارخوس عندما لاحظ ذات ليلة ظهور
نجم لم يكن موجوداً في الليلة السابقة .

أى دهشة ؟ شيء لا يصدق عقل ! كيف يتسنى ظهور نجم جديد في
سماء نصف بالكمال ولا تعرف التغيير ؟

لابد أنه أخذ ، والشكوك تساوره ، يدرس ذلك النجم الجديد ليلة
بعد ليلة وانه رأى مخبو تدريجيا حتى اختفى في نهاية الأمر .

وقد لا تكون هذه بالضرورة ظاهرة فريدة وقعت خلال عمله . فربما
تكرر أن ظهرت نجوم جديدة ثم اختفت ، وربما حدث ذلك دون أن يلاحظ
أحد ، لأنه لم يكن من المؤلف أن يدرس الناس النجوم عن كتب وبالتالي
لم يكن يوسمهم القول بأن شيئا جديدا قد ظهر . بل ان علماء الفلك
أنفسهم ما كانوا ليقطعوا بأن شيئا بعينه قد استجد بالفعل ومن ثم فقد
يمضي نجم دون أن يدرس بعناية وقد يتلشى دون أن يلاحظه أحد من
الأصل :

وقد راعى هيبارخوس عند وضعه خريطة للسماء تشمل النجوم
الحقيقية الدائمة أن يسهل على الآخرين قراءتها وعلى الفلكيين اللاحقين
التعرف على أى نجم طارئ جديد يظهر في السماء . وكان الرجوع الى
تلك الخريطة كفيلا بإزالة أى غموض يكتنف أى شيء معهم . ويكفى هذا
لأن يجعل خريطة ما جديرة بالاهتمام .

وقد تبعت تلك الرواية عن هيبارخوس ونجمه الجديد على الاهتمام ،
ولكن هل هي رواية حقيقية ؟ ان بلينيوس ، مصدر هذه القصة ، كان
كاتباً غزير الانتاج ولكنه ذو قدرة محدودة على التمييز . كان يميل الى أن
يسجل كل ما يسمعه ومن ثم لا نعرف مدى للتحويل على مصادره . هل عثر
على ذلك في احدى كتابات هيبارخوس ، وفي هذه الحالة ايها التي بقيت
حتى ذلك الحين ؟ لو كان الأمر كذلك فيمكن تصديقها . ولكن ، على
النقيض من ذلك ، قد لا يبدو الأمر عن مجرد تقرير مبهم كتبه شخص آخر
ووقع في يد بلينيوس وجذب اهتمامه .

وقد تحدث شخص آخر عن النجم الجديد الذي رصده هيبارخوس ،
وهو مؤرخ يوناني عاش في القرن الثالث . وقد أشار بعد قرنين من
بلينيوس الى ذلك النجم بوصفه مذنبا .

وقد لا يعنى ذلك شيئا ، فقد كان يطلق في ذلك الحين على أى جسم
مجهول في السماء « مذنبا » .

ومع ذلك فلا خلاف في أنه لم يرد في كل ما تبقى من سجلات علم
الفلك اليوناني والبابلي ذكر لأى نجم جديد ولا لأى نجم مؤقت ظهر حيثما
لا يوجد نجوم في السماء باستثناء ما جاء في تلك الرواية المبهمة عن
هيبارخوس .

ونحن نعلم جيدا اليوم ان مسألة ظهور نجوم جديدة حقيقة واقعة ،
بل ان ذلك كثيرا ما يتكرر ومنها ما يتسم ببريق شديد . لماذا اذن لم
يُرد عنها ذكر في المصنوع القديمة والوسطى ؟

سبق ان اشرنا الى صعوبة التعرف على اى نجم جديد . واى شخص
عادى يتطلع الى السماء لا يرى سوى عدد كبير من النجوم المتناثرة بدون
ترتيب . ومن ثم فان ظهور نجم جديد ، مهما كان ساطعا ، فى ليلة ما أمر
يندر أن يلاحظه الا فلكى قدير . بل قد يغيب ذلك عن علماء الفلك
ذاتهم . فلقد كان علماء الفلك من بابل واليونان قديما يعمدون فى الغالب
الى مراقبة الكواكب وتلك النجوم التابعة لدائرة البروج المتاخمة مباشرة
لمواقع الكواكب . ومن الجائز تماما أن يغيب عنهم نجم جديد من خارج
دائرة البروج . وربما لم يكن يتسنى لهبارخوش نفسه ملاحظة هذا النجم
الجديد لولا انه يقع فى أحد أبراج دائرة البروج .

ومن ناحية أخرى ، فبعد ان انتشرت نظرية أرسطو بشأن كمال
السموات ، كان من نتائجها ان أوجست حائلا آخر . فلما كانت الفكرة
القائلة بعلم وجود تغير فى السموات قد ثبتت لدى علماء الفلك باتوا
يسستنكفون الإبلاغ عن أى تغيير ، اذ كانوا يخشون أن ينال ذلك من
مصداقيتهم ومن سمعتهم . ولربما كانوا يغمغمون لأنفسهم بأن الوهن بدأ
ينال من بصرهم وبأنهم يعانون خلل النظر . فبهذه الطريقة يتحاشون
مغبة الاعلان عن أمر يلقي استهجانا من العامة .

بل ان مسألة الاعلان عن أى تغير قد تصل الى حد المساس بالمقدسات
فلقد كان علماء الفلك فى القرون الوسطى ، سواء المسيحيون أو المسلمون ،
يرون فى كمال السموات ، لا سيما الشمس ، رمزا لكمال الاله . ولما كان
السعى الى اكتشاف خلل فى هذا الكمال يحمل تشكيكا فى صنيح الله ،
فهو اذن من الكبائر . بل ان اعتقادهم بعلم كمال الأرض انها كانوا يعزونه
الى معصية آدم وحواء حيث أكلتا من الشجرة المحرمة فى جنة عدن ، وان
لم يكونا قد فعلا ذلك ربما اكتسبت الأرض صفة الكمال مثل بقية
السموات .

ومن ثم ، فربما يكون تاريخ الفلك القديم قد شهد ظهور نجوم
جديدة بين حين وآخر ولكن اما لم يرصدها أحد من الفلكيين أو لم يصدقوا
أعينهم أو أنهم لا ذوا بالصمت لمجرد ايثار السلامة .

النجوم « ضيوف » الصين

لم تكن أوروبا والشرق الأوسط المهدين الوحيدين للحضارة .

فلقد كانت الصين على مدى الفى عام فيما بين سنة ٥٠٠ قبل الميلاد وحتى ١٥٠٠ م متقدمة تقدما كبيرا على الغرب فى العلوم والتكنولوجيا . وكان علماء الفلك الصينيون فى العصرين القديم والأوسط يراقبون السماء عن كثب ويسجلون أى شىء غير عادى أينما يحدث . فلم يكن هناك ما يكبح جماحهم من معتقدات عن الكمال أو خوف من كائنات خارقة اذ كانوا يعيشون فى مجتمع يميل الى العلمانية .

وقد حدث بالفعل أن اكتشفوا مذنبا فى السماء عام ١٣٤ قبل الميلاد، وذلك يؤيد ما رواه المؤرخ الرومانى عما يكون هيبارخوس قد رآه . ولم يكن الصينيون يدرسون السماء لأسباب فكرية بحتة ، فقد كانوا هم أيضا مولعين بالتنجيم ، شأنهم فى ذلك شأن البابليين واليونانيين . وقد وضعوا مدلولات لكل ما يمكن أن يحدث فى السماء واستخدموها للتنبؤ باحتمالات وقوع شتى الأحداث المستقبلية على الأرض .

ولما كان معظم ما يتنبأ به العرافون من أحداث نذير شؤم ، حيث كانت الاستطلاعات الفلكية تنذر فيما يبدو بالحروب والوفيات وانتشار الأوبئة ، فقد كان الناس ، لا سيما النبلاء ، بل والامبراطور نفسه يلجأون الى تحصين أنفسهم لتفادى الحدث أو تجنب وقعه . ولم يكن غريبا أن يتم اعدام العرافين المعينين فى البلاط اذا وقع مكروه دون سابق انذار .

وبالتالى فقد كان علماء الفلك الصينيون يراقبون بكل دقة ومثابرة أى نجم « ضيف » يحتل بصفة مؤقتة مكانا بين النجوم الثابتة . وقد ورد فى سجلات التاريخ ما يربو على خمسين من هذه النجوم الجديدة بينما قد غابت تماما على علماء الفلك الغربيين . كما أن العلماء الكوريين واليابانيين ، الذين نقلوا عن الصين العلوم والتكنولوجيا ، اكتشفوا أيضا بعضا من هذه النجوم .

وكان عدد من النجوم الجديدة التى اكتشفها الصينيون شديد البريق وظل مرثيا لسته أشهر أو يزيد ، ومنهم خمسة على وجه الخصوص اكتشفوا فى العصرين القديم والأوسط . ففي عام ١٨٣ م اكتشف الصينيون على سبيل المثال نجما جديدا شديد البريق فى برج قنطورس ، وفى عام ٣٩٣ م اكتشفوا نجما آخر أقل لمعانا فى برج العقرب .

ولما كانت تلك القرون قد شهدت اندثار علم الفلك اليونانى (اذ لم

يات عالم فلك ذو شأن من بعد بطليموس) ولم يكن الرومان مهتمين بأى فرع من فروع العلم ، فليس غريبا ألا يكتشف أحد فى أوروبا هذه النجوم .

والنجم الجديد فى برج العقرب كان على الأرجح أقل بريقا من الشعرى اليمانية (أسطح النجوم الدائمة فى السماء) ، وإذا لم يتصادف أن كان أحد يفحص السماء بعناية وينظر تحديدا الى ذلك الجزء من السماء وهو على دراية به ، أو استعان بخريطة ، فلا يبعث على الدهشة مطلقا أن يضى ذلك النجم دون أن يكتشف :

علاوة على ذلك ، فرغم أن النجم المذكور ظل مرثيا لحوائى ثمانية شهور الا أنه لم يكن بنفس درجة بريق الشعرى اليمانية الا لبضع ليال ، ثم بدأ يخبو . وكلما انطفأ بريقه تضائل احتمال أن يرصده أحد ، لا سيما ان كان لا يضارع علماء الفلك الصينيين فى مثابرتهم .

أما النجم الجديد الذى رصده الصينيون عام ١٨٣ فى برج قنطورس فقد كان أسطح بكثير من ذلك الذى ظهر بعد مائتى عام فى برج العقرب ، فضلا عن انه ظل لبضعة أسابيع أكثر بريقا من أى شئ فى السماء باستثناء الشمس والقمر . لذلك فانه يبدو مستحيلا الا تدركه الأبصار . غير أنه كان يقع فى أقصى جنوب السماء وذلك من شأنه أن يزيد من صعوبة رصد أى نجم مهما كانت درجة بريقه . ولم يحدث لدى رصد ذلك النجم الجديد من مرصد لويانج الصينى أن ارتفع أكثر من ثلاث درجات أعلى خط الأفق الجنوبى .

وفى أوروبا كان من المستحيل أن يراه أحد من أى بقعة فى فرنسا أو ألمانيا أو إيطاليا ، أما لو رصده أحد من صقلية أو أثينا فسوف يراه بالكاد على خط الأفق ، ولكنه سيظهر بدرجة ملحوظة لو اتجهنا أكثر الى الجنوب ورصد من الاسكندرية وقد كانت حينذاك مركزا للعلوم اليونانية .

ومع ذلك ، لم يشر أحد من علماء الفلك اليونانيين الى ذلك النجم . ولكن يجدر القول بأنه لو أن أحدا من الاسكندرية قد رصد هذا النجم لما أشار اليه احتراما لنظرية أرسطو ، وحتى لو أعلن عنه لاصطدم برفض تام ومن ثم فلا جدوى من الاعلان .

وعلى مدى ستة قرون بعد رصد نجم برج العقرب عام ٣٩٣ ، خلت السجلات الصينية من ذكر أى نجم جديد ذى بريق ملحوظ . ثم فى عام

١٠٠٦. رصد نجم جديد فى برج لوبوس *Lupus* المجاور لبرج قنطورس .
غير انه ظهر أيضا فى السماء الجنوبية .

وقد رصد علماء الفلك فى كل من الصين واليابان ذلك النجم رغم موقعه فى أقصى جنوب السماء . أما فى الغرب ، حيث كان العرب فى قمة تفوقهم العلمى وكانوا أفضل من يمارسون علم الفلك فى ذلك الحين ، فقد ورد أيضا ذكر ذلك النجم ثلاث مرات على الأقل فى مدوناتهم .

ولا غرابة فيما حظى به النجم الجديد من اتساع مجال رؤيته . فقد أجمعت كل التقارير على شدة بريقه . ويقدر بعض علماء الفلك من العصر الحديث بريقه بأنه يناهز مائتى مثل بريق كوكب الزهرة فى ذروته أى حوالى عشر بريق القمر وهو بدر . وقد ظل فى مرمى البصر لحوالى ثلاث سنوات وإن لم تزد الفترة التى كان فيها أكثر بريقا من الزهرة عن بضعة أسابيع .

وكان النجم الجديد على ارتفاع كاف من خط الاقوى يتيح رصده من الجنوب الأوروبى . ولعلنا نتصور علامات الدهشة والرهبة التى ترتسم على وجوه الناس فى إيطاليا وإسبانيا وجنوب فرنسا لو أنهم تطلعوا ليلا الى السماء الجنوبية وراوا ذلك النجم . لكنهم لم يفعلوا ، أو على الأقل ليس هناك ما يدل على ذلك . وقد ورد فى السجلات المحفوظة فى اثنين من الأديرة ، واحد فى سويسرا والثانى فى إيطاليا ، ما يوحي بأن شيئا ظهر فى السماء فى ذلك العام ، مما قد يفسر بأنه نجم ساطع .

ولما كان البعض آنذاك فى أوروبا يتوقع أن تحل نهاية العالم بعد نحو ألف عام من مولد المسيح ، وبما أن النجم الجديد ظهر عام ١٠٠٦ ، فقد يتبادر الى الذهن انه كان حرى بالأوروبيين أن يعتبروه علامة على هذه النهاية . ولكن حتى هذا الاحتمال المرعب لم يبعث فيما يبدو أحدا على مجرد الإشارة الى ذلك الحدث .

ثم حدث فى عام ١٠٥٤ (فى الرابع من يوليو وفقا لبعض الحسابات) أن ظهر فى السماء قبل طلوع الفجر نجم ساطع جديد ولكن فى برج الثور هذه المرة ، بعيدا الى الشمال من خط الاستواء . وعلى خلاف النجمين الجديدين السابقين اللذين ظهرا فى السماء الجنوبية (١٨٥ م و ١٠٠٦) ، كان النجم الجديد مرئيا بوضوح فى كل النصف الشمالى من الكرة الأرضية ، علاوة على انه كان يقع فى دائرة البروج ومن ثم ما كان ليخطئه أحد .

ومما ضاعف من قبح رصده النجم الجديد انه كان يضاهي الشمس
السيانية في بريقه مثل نجم عام ٣٩٣ الذي ظهر أيضا في دائرة البروج .
وكان لمعانه في أقبَل التقديرات ضعيف أو ثلاثة أمثال لمعان كوكب الزهرة
في أوجه ، كما ظل لمدة ثلاثة أسابيع ساطعا بقدر يتيح لمن يعرف مكانه
أن يراه في وضوح النهار . أما في الليل فقد كان يلقي بظل كثيف مثلما
ينتج عن كوكب الزهرة في حال توافر ظروف مواتية . وقد استمر النجم
الجديد في برج الثور مرثيا بالعين المجردة لمدة تناهز العامين وربما فاق
في بريقه أى نجم جديد ظهر في العصور القديمة فيما عدا ذلك الذي
ظهر عام ١٠٠٦ .

ولقد ساد فيما بعد اعتقاد بأن علماء الفلك الصينيين واليابانيين هم
وحدهم الذين رصدوا في السماء ذلك الجسم الساطع المدهش . إذ لم يرد
فيما يبدو أى ذكر عنه سواء لدى الأوروبيين أو العرب .

ولكن كيف يتسنى ذلك ؟ لابد أن النجم الجديد ، عندما كان في
أوج بريقه خلال شهر يوليو ١٠٥٤ ، كان شديد اللمعان قبل بزوغ الفجر ،
وربما كان معظم الأوروبيين نائمين في هذا الوقت ، أو ربما كانت هناك
سحب كثيفة تحجب الرؤية . وإذا كان النجم مرثيا ، أيكون القلائل
المستيقظون والمتطلعون إلى السماء قد التبس عليهم الأمر وظنوا ببساطة
أنه كوكب الزهرة ، أما الذين هداهم تفكيرهم إلى « استحالة أن يكون ذلك
بكوكب الزهرة » فمن المحتمل أن يكونوا قد استرجعوا نظريات أرسطو
وفكروا في كمال صنع الله ثم حولوا نظرهم على مضض .

بيد أنه عثر في الأعوام القليلة الماضية على تقرير عربي يشير
فيما يبدو إلى ظهور نجم جديد براق عام ١٠٥٤ ، بل ثمة مخطوط إيطالي
يشير أيضا إليه .

ولقد كان ذلك مبعث ارتياح شديد ، إذ ثمة شعور لدى المتخصصين
للعرف الأوروبي السائد يشكك في حقيقة ظهور أى نجم هادام لم يرد عنه
ذكر في أوروبا . بل ربما كان القول بأن القرباء من أهل البلاد البعيدة
قد جمع خيالهم هو أقرب إلى القبول من القول بأن الأوروبيين قد لا يرون
ما تحت أقدامهم . ومع ذلك ، وكما سنشرح فيما بعد ، فحتى أن لم يكن
هناك أى بيان من الغرب ، فهناك يقين تام بأن علماء الفلك الصينيين
واليابانيين كانوا على صواب .

وفي عام ١١٨١ أعلن الصينيون واليابانيون عن ظهور نجم جديد
ولكن في برج ذات الكرسي (Cassiopeia) هذه المرة مما يجعله مرثيا

بوضوح في كل النصف الشمالي من الكرة الأرضية . غير أن بريقه لم يتجاوز بريق النجم المعروف باسم النسر الواقع ، ثاني نجوم السماء الشمالية من حيث شدة اللعان ، وظل كذلك الى أن اختفى دون أن يراه أحد في أوروبا .

ثم مرت أربعة قرون دون رصد أى نجم جديد . وعندما ظهر أول نجم جديد بعد ذلك كانت الظروف قد تغيرت . فاذا كان الصينيون واليابانيون قد بقوا على كفاءتهم فإن أوروبا شهدت بعثا جديدا وصارت الريادة في العالم للعلم الأوروبي .

المستمر الأول

في عام ١٥٤٣ نشر عالم الفلك البولندي نيكولاس كوبرنيكوس (١٤٧٣ - ١٥٤٣) كتابا شرح فيه الحسابات اللازمة للتنبؤ بمواقع الكواكب على أساس أن الأرض ومعها كواكب عطارد والزهرة . والمريخ . والمشتري وزحل تدور كلها حول الشمس . (وكان الاعتقاد مازال سائدا بأن القمر يدور حول الأرض) وقد جاء هذا الافتراض بتيسيرات بالغة وأدى الى اعداد جداول فلكية أفضل ، حتى وان كان كوبرنيكوس قد أخذ بالنظرية السابقة القائلة بأن الكواكب تتحرك في مجموعات من مدارات متوافقة .

وقد أثار هذا الكتاب ، الذي نشر في آخر أيام كوبرنيكوس (حيث يعتقد أنه تلقى أول نسخة من الكتاب وهو على فراش الموت) جدلا شديدا . فقليل من كان لديهم الاستعداد لتقبل فكرة أن الكرة الأرضية بمثل هذا الحجم والوزن تحلق في الفضاء بسرعة هائلة ، لا سيما وأنه ليس هناك أدنى احساس بالحركة .

وبعد ثلاثة أعوام من نشر كتاب كوبرنيكوس ولد تيكو براهي (١٥٤٣ - ١٦٠١) في اقليم باقصى جنوب السويد وقد كان آنذاك جزءا من الدانمرك . وقد درس براهي في مقتبل عمره القانون الا انه عندما بلغ الأربعين من عمره لفت نظره كسوف الشمس مما حول اهتمامه الى علم الفلك (فكان خيرا له ولعلم الفلك معا) .

وقد واثته فرصته في ١٥٧٢ حيث كان في السادسة والعشرين من عمره ولم يكن اسمه قد عرف بعد في أوروبا .

كان الأوروبيون حتى ذلك التاريخ ، بما فيهم الفلكيون ، لا يعرفون شيئا عن النجوم الجديدة . ولم يكن هناك سوى تلك القصة المبهمة عن

نجم هيبارخوس الذى لم يذكر بطليموس شيئا عنه وبالتالي ما كانت تتردد
الا كمجرد اسطورة قديمة • وكانت الاشارات العابرة التى وردت فى واحد
او اثنين من السجلات الغربية عن نجمى عامى ١٠٠٦ و ١٠٥٤ على درجة
من الفموض بحيث يحتمل الا يكون أحد من علماء الفلك فى القرن السادس
عشر قد عرف شيئا عنهما •

هكذا كان الحال ! وبالطبع لم يكن أى فلكى أوروبى يعلم شيئا عن
المعلومات التى جمعها الصينيون والكوريون واليابانيون •

وفى الحادى عشر من نوفمبر ١٥٧٢ وبينما كان تيكو براهى خارجا
من معمل الكيمياء الخاص بصفه رأى نجما جديدا لم يكن قد رآه من قبل •
وكان النجم الجديد فى برج ذات الكرسي ، عاليا فى السماء وأكثر بريقا
من أى نجم آخر فى ذلك البرج المعروف جيدا • وما كان لأحد فى مثل
درية تيكو بخريطة السماء أن يخطئه •

كان النجم الجديد أسطع كثيرا من كوكب الزهرة وهو فى أوجه ،
مثله فى ذلك مثل النجم الجديد الذى ظهر عام ١٠٥٤ • وما كان لأحد من
علماء الفلك أن يعتقد من قبيل الخطأ انه كوكب الزهرة حيث كان خارج
دائرة البروج وبعيدا عن مواقع الكواكب •

واخذ تيكو ، وهو مغمم بالاثارة ، يسأل كل من يصادفه أن ينظر الى
النجم الجديد عسى أن يخبره أحد بما اذا كان ذلك النجم موجودا فى الليلة
السابقة ام لا •

وكانت الاجابة دائما ان النجم موجود ، فلا عيب اذن فى بصر تيكو •
الا أنه لم يكن بوسع أحد القول بما اذا كان ذلك نجما جديدا ام لا ،
واذا كان جديدا فمتى ظهر لأول مرة • ورغم أنه كان نجما ساطعا بدرجة
ملفتة ، فقد يزعم أى شخص آخر انه كان موجودا طيلة ليالى عمره •

غير أن تيكو كان على يقين من أنه لم يكن ثمة شيء كهذا فى السماء
عندما تطلع اليها آخر مرة ، وكان ذلك قبل فترة لانشفاله باجراء بعض
التجارب الكيميائية فى معمل عمه • ومن ثم لم يكن بوسعه أن يؤكد أن
النجم الجديد لم يكن موجودا فى واحدة أو عدة ليالى سابقة • (تجدر
الاشارة الى أن عالم فلك ألماني يدعى ولفجانج شولر لاحظ ذلك النجم
الجديد قبيل فجر السادس من نوفمبر أى قبل أن يراه تيكو بخمسة أيام) •

وقد شرع تيكو فى عمل لم يسبقه اليه فلكى آخر حيث بدأ سلسلة
من الاستطلاعات الليلية مستعينا بألة سدس كبيرة وهى واحدة من مجموعة

أجهزة رائدة جميعها ونفذها لدى إقامته في وقت سابق في ألمانيا . وقد فاس تيكو بوحدات الزوايا المسافة بين النجم الجديد والنجوم الأخرى في برج ذات الكرسي . وقد أجرى معايرة دقيقة لأجهزته من أجل تصحيح أى خطأ ناتج عن أى عيب في التصميم كما كان له السبق في الأخذ في الجسبان بنسبة انكسار الضوء نتيجة مروره بالغلاف الجوى . كما سجل بكل دقة جميع مشاهداته والظروف المحيطة بها .

ولم يكن لديه تلسكوب ، فهذا الجهاز لم يخترع الا بعد ٣٦ سنة من هذه الأحداث ، الا انه اكتسب شهرة بوصفه أفضل من تتبع الأجرام السماوية في تاريخ الفلك قبل ظهور التلسكوب . ولقد شكلت ملاحظاته عن النجم الجديد ، التي ربما فاقت في أهميتها نظرية كوبرنيكوس الجديدة ذاتها ، نقطة انطلاق لعلم الفلك الحديث .

وقد كان النجم الجديد على مقربة من النجم القطبي الشمالى وكان يتحرك حوله في مدارات صغيرة ، ومن ثم لم يحدث أن توارى أسفل الأفق . وبالتالي لم يغيب عن نظر تيكو ولم يفلت من متابعته في أى ساعة من الليل . وقد بهره مدى بريق النجم الجديد حتى انه كان يراه في وضوح النهار .

الا أن هذا البريق لم يستمر الا لفترة قصيرة نسبيا ، فكان يخبو ليلة بعد أخرى ، حتى اذا حل شهر ديسمبر ١٥٧٢ كان هذا البريق قد خبا عن بريق كوكب المشتري ، فلما كان فبراير ١٥٧٣ كان قد تضائل حتى كاد النجم الجديد الا يرى الا بصعوبة لكى يختفى فيما يبدو في مارس ١٥٧٤ بعد أن ظل مرئيا وخاضعا لمتابعة تيكو لمدة ٤٨٥ يوما . وقد رصد علماء الفلك الصينيون والكوريون أيضا النجم الجديد الا انهم لم يجروا قياسات دقيقة لموقعه مثلما فعل تيكو . وكانوا قد بدؤوا يتقهقرون الى المرتبة الثانية بعد الأوروبيين .

ولكن ماذا كانت ماهية هذا النجم الجديد ؟ اكان مجرد ظاهرة جوية (على فرض صحة اعتقاد أرسطو بكمال واستقرار السماوات) ؟ أمكن أن تمتد ظاهرة جوية متصلة لمدة ٤٨٥ يوما وأن تبقى أيضا ثابتة في مكان واحد على وجه التحديد ، اذ لم يحدث أن رصد تيكو بقياساته الدقيقة طوال تلك المدة أية زحزحة ملموسة للنجم الجديد بالنسبة للنجوم الأخرى في البرج .

ولم يتوقف تيكو عند هذا الحد ، بل حاول تحديد مسافته المباشرة عن طريق قياس مدى « اختلاف المنظر » (Parallax) وهارالاكس أى جرم

سماوى هو الاختلاف في موقعه بالنسبة لأجرام أخرى أبعد منه مع تغير أماكن الرصد .

والقمر ، وهو أقرب الأجرام السماوية الى الأرض ، له بارالاكس محدود ولكن يمكن قياسه بدون تلسكوب . وكان بعده عن الأرض يقدر في زمن هيبارخوس بثلاثين مثل قطر الأرض ، أما بالوحدات الحديثة فهذا البعد يساوى ٣٨٠ ألف كيلو متر (٢٤٠ ألف ميل) .

ولا بد لقياس بعد أى جرم له بارالاكس أقل من ذلك الخاص بالقمر أن يكون على مسافة أكبر من القمر . وكان بارالاكس النجم الجديد من الصفر بمكان حتى أن كل محاولات تيكو المستميتة لقياسه باتت بالفشل . ونستنتج من ذلك أن النجم الجديد لم يكن ظاهرة جوية ولكنه نجم كبقية النجوم .

تلك نتيجة على درجة كبيرة من الأهمية ، حتى أن تيكو قرر بعد تردد طويل أن يدونها في كتاب . وكان تيكو يعتبر نفسه من النبلاء ، وما كان لنبييل في ذلك الوقت أن يتواضع ويشرح لبشر دونه في المستوى . ولكن ما اكتسبت به طبيعة اكتشافه من أهمية شجسته على ذلك .

وقد نشر الكتاب عام ١٥٧٣ ، كان مكتوبا باللغة اللاتينية مثل كل الكتب المدرسية في ذلك الحين . وكان ذا حجم كبير لكن عدد صفحاته لم تتجاوز ٥٢ صفحة . وكان له عنوان كبير ولكن جرت العادة في معظم الأحيان على اختصاره الى « دى نونا ستيللا » أى « عن النجم الجديد » .

وقد تضمن الكتاب الكثير عن معنى النجم الجديد في علم التنجيم ، فقد كان تيكو ، شأنه في ذلك شأن معظم علماء الفلك في ذلك الحين ، يؤمن إيمانا عميقا بالتنجيم . وإلى جانب ذلك وصف تيكو في كتابه بريق ذلك النجم وكيف كان يخبو من أسبوع لاسبوع ، وحدد موقعه بالقياسات ، بل ورسم خريطة تبين مكان النجم الجديد بالنسبة للنجوم المحيطة به بحيث يمكن للناس أن يكونوا صورة دقيقة لما رآه تيكو .

وأهم من ذلك ، شرح كيف أنه ظل ثابتا في مكانه ، وأن مقدار ماله من (بارالاكس) أقل من أن يقاس ومن ثم فهو نجم ، ونجم جديد . وخلص الى نتيجة جلية وهى أن السماوات قد شهدت تغيرا لا جدال فيه .

وقد أحدث الكتاب دويا كبيرا اذ وضع نهاية لعلم الفلك اليونانى ، وبات لا مناص من التخلي عن كل الأفكار المتعلقة بدوام وكمال السماوات . وقد عزز ذلك الاتجاه أن مذنبا براقا ظهر عام ١٥٧٧ وتحرك بصورة جلية بالنسبة لخلفية النجوم ، الا ان تيكو بين أن المذنب ليس له « بارالاكس » ،

وبذلك يتضح أن حتى المذنبات تقع أبعد من القمر ومن ثم فهي تنتمي
للسماوات وليست ظاهرة جوية .

وبمجرد أن نشر تيكو كتابه أصبح أشهر عالم فلك في أوروبا ،
علاوة على أن كلمة « نوبا » بمعنى « مستجد » التي وردت في عنوان
الكتاب استخدمت للدلالة على النجم الجديد وكل ما استجد من نجوم .
ومنذ ذلك اليوم واسم « نوبا » يطلق على أى نجم يستجد على
السماوات .

مزيد من النجوم المستجدة

وقد كان من نتائج اكتشاف تيكو أن كثيرين من علماء الفلك شرعوا
في متابعة النجوم بمزيد من الاهتمام بدلا من التركيز على الكواكب .
وصار اكتشاف نجم كفيلا بجلب الشهرة لصاحبه . وبات واضحا على مدى
جيل أنه ليس بمسألة نادرة على الإطلاق أن تطرأ تغيرات على النجوم
المتسمة بالاستقرار .

وفي عام ١٥٩٦ رصد ديفيد فابريشيوس (١٥٦٤ - ١٦١٧) ،
وهو عالم فلك ألماني صديق لتيكو ، نجما في برج قيطس لم يكن موجودا
من قبل . وكان بريقه من الدرجة الثالثة أى أنه متوسط اللعان . وكان
علماء الفلك قد عزموا على ألا يدعوا أى شيء يفوتهم .

ولكن هل كان ذلك نجما جديدا بالفعل ؟ لم يعد البيت في هذه
المسألة بمشكلة ، إذ لا يتطلب الأمر سوى الاستمرار في متابعته . ولما أفل
النجم الجديد مع مرور الوقت استقر الأمر وأعلن فابريشيوس بكل ثقة
عن اكتشاف نجم مستجد .

ويرجع الاكتشاف التالي لعالم الفلك الألماني جوهانس كبلر
(١٥٧١ - ١٦٣٠) .

كان كبلر قد عمل مع تيكو في السنوات الأخيرة من حياته . وكان
تيكو ، الذي أمضى سنوات عديدة في إجراء قياسات دقيقة لمواقع كوكب
المريخ المتغيرة بالنسبة لخريطة النجوم ، يأمل في أن يتمكن من استخدام
تلك القياسات لاثبات صحة ما طرحه من أفكار وسيطية فيما يتعلق
بمدارات الكواكب . فقد كان يرمى إلى بيان أن الكواكب عطارد والزهرة
والمريخ والمشتري وزحل تدور كلها حول الشمس بينما تدور النمس
ومعها الكواكب حول الأرض .

ولما مات تيكو عام ١٦٠١ ترك كل ما توصل اليه من نتائج لكبلر
أعلا في أن يستخدمها في إقامة الدليل على « النظام التيكوي » .

وبالطبع لم يكن بوسع كبلر أن يؤكد ذلك النظام . ولكنه تمكن في
عام ١٦٠٩ من أن يثبت أن المريخ لا يتحرك حول الشمس في دائرة أو
توافقية دوائر على نحو ما أكده بلاتو وافترضه من بعده كل علماء الفلك
الغريبيين بما فيهم كوبرنيكوس . وأوضح أن المريخ ، بدلا من ذلك ،
يتحرك حول الشمس في مدار بيضاوي تقع هي في أحد مركزيه . ومضى
كبلر يبين أن كافة الكواكب تتحرك في مدارات بيضاوية .

وبذلك يكون كبلر قد توصل أخيرا الى توصيف النظام الشمسي
الحالي . وهذا التوصيف هو الذي يتفق مع الواقع وليس نظام
كوبرنيكوس . وعلى مدى القرون الأربعة التالية لذلك لم يدخل الفلكيون
أى تعديل جوهري على نظام كبلر . ورغم التوصل الى نظريات أشمل ،
فضلا عن اكتشاف كواكب جديدة ، الا أن توصيف المدارات البيضاوية
لم يتغير ومن المؤكد فيما يبدو انه سيبقى .

الا انه في عام ١٦٠٤ وقبل أن ينتهي كبلر تماما من اعداد نظامه ،
سقط نجم جديد في برج الحوية ، وكان أسطع من نجم فابريشيوس
ولا يقل بريقه بأى حال عن نجم تيكو . وكان على نفس درجة لمعان
المشتري ولكن بريقه لم يتجاوز على وجه التقريب خمس درجة بريق كوكب
الزهرة في أوجه .

وكان اكتشاف نجم جديد مازال حدثا له وقع السحر حتى لو وقع
في سماء صارت خاضعة لمسح شامل بواسطة مختلف علماء الفلك . وقد
أجرى كبلر وفابريشيوس أيضا قياسات دقيقة لذلك النجم ولما يطرأ عليه
من تغيرات أسبوعا بعد أسبوع الى أن اختفى بعد عام من ظهوره .

وهكذا تكون الفترة من ١٥٧٢ الى ١٦٠٤ ، وهي تمثل جيلا واحدا ممتدا
لمدة ٣٢ سنة ، قد شهدت رصد ثلاثة نجوم جديدة منها اثنان على درجة
ملموسة من البريق . وشكلت النجوم الثلاثة ظواهر مشهودة رغم ما تبدي
من أنها ليست بالنجرة التي كان يتوقعها مكتشفوها .

النجوم المتغيرة

رؤية المستر

استمرت عمليات مسح العلماء للسماء وبلغت ذروتها سنة ١٦٠٤ وقت أن اكتشف كبلر نجمة الجديد . وكان الاعتقاد مازال سائدا بأن السماء عبارة عن كرة صلبة والنجوم حبات مضيئة مستقرة فيها .

وبين الحين والحين تظهر على غير توقع نقطة مضيئة بالغة الصغر - نجم جديد - أضاعتها قوة خفية الى قبة السماء . وتتوهج تلك النقط المضيئة ثم لا تلبث في المعتاد ان تخبو وتأفل . وكلما اشتدت بريقها طال أمد أفولها ولكنها في النهاية فختفى كلها ان أ جلا أو عاجلا .

ولكن عندما يأفل نجم مستجد ، فهل يبقى موجودا لكن لاتدرك بريقه العين البشرية ؟ وإذا كان الأمر كذلك ، فهل هناك نجوم درجة بريقها أضعف دائما من أن تدرك ؟ أئمة نجوم موجودة منذ بداية الكون ولكنها لسبب أو لآخر كانت ذات بريق لا يرى وبالتالي لم تدركها الأبصار مطلقا ؟

لا بد أن بعض العلماء قد ذهب تفكيرهم الى ذلك . بل ان قسا ألمانيا يدعى نيكولاس اوف كوزا (١٤٠١ - ١٤٦٤) فكر في أن ثمة عددا لا نهائيا من النجوم منتشرة في فضاء لا أول له ولا آخر ، وأن كل النجوم ما هي الا شمس في الواقع ولكنها قد تبلى نقط ضوء باهتة (هذا لو أدركها البصر أصلا) لوقوعها على مسافات هائلة من الأرض ، وأن كل النجوم تحيط بها كواكب ، بعضها على الأقل مأهول بكائنات عاقلة . وإذا كان الانسان لا يرى الا بضعة آلاف من هذا العدد اللانهائي من النجوم فانما يرجع ذلك الى أنها لا تدرك بالبصر لقلة بريقها .

وقد بُنت أراء نيكولاس بالغة التطور لكن ليس لدينا ادنى فكرة من

أين أتى بها • بل انه لم يستطع هو نفسه أن يقنع أحدا بتلك الأفكار الخارقة إذ لم يكن لديه ما يعزها به من مشاهدات من أى نوع •

الا أن عالما إيطاليا يدعى جيوردانو برونو (١٥٤٨ - ١٦٠٠) تبنى تلك الأفكار بعد قرن ونصف من الزمان • ولكنه جاء فى وقت كان الإصلاح البروتستانتي قد عم فيه وبات رجال الكنيسة فى كل أوروبا مفعمين بالريبة وعدم الأمان ويذهبون خطورة مناصرة أى أفكار غريبة خشية التعرض للأذى • غير أن برونو كان عنيدا ويهوى التصلب ومهاجمة الناس حتى انتهى به الأمر الى أن أعدم حرقا •

ولم يكن لدى برونو أيضا أى أدلة على آرائه • وعند وفاته لم يكن أحد على وجه التقريب قد اقتنع بوجود نجوم لا تدرجها الأبصار • وكان التساؤل المطروح : لماذا تكون هناك مثل تلك النجوم الخفية ؟ ولماذا يخلقها الله ؟ وكان البعض يرى حرمانية الادعاء بأن الله يخلق شيئا لا فائدة له •

وفى عام ١٦٠٩ سمع عالم إيطاليا آخر هو جاليليو جاليل (١٥٦٤ - ١٦٤٢) عن اختراع فى هولندا يتمثل فى أنبوبة مزودة بعدسات عند طرفيها تجعل الأشياء تبدو مكبرة ومقربة • وشرع جاليليو فورا فى اجراء التجارب وسرعان ما حصل على ما نطلق عليه اليوم تلسكوبا • وفى سابقة جريئة استدار بمنظاره صوب السماء •

كان تلسكوب جاليليو آلة صغيرة بدائية ولكن تلك كانت المرة الأولى التى يقوم فيها شخص بمسح السماء فى الليل مستعينا بشئ أقوى من العين المجردة • ويتميز التلسكوب بمقدرة تفوق العين فى تجميع كمية أكبر من الضوء ثم تركيزها على شبكية العين ، ومن ثم كل شئ يبدو أكبر أو أكثر بريقا أو كليهما معا • وبدا القمر أكبر وبان مزيد من تفاصيله • كذلك الشمس على أن يحاط الناظر إليها لثلاث تصاب عنه بأذى من شدة ضوئها • وظهرت الكواكب أضخم وأصبحت دوائر صغيرة من الضوء • أما النجوم فقد كانت من الصغر بمكان حتى انها رغم التكبير لم تزد عن مجرد نقط ضوئية ولكنها على الأقل بدت أكثر بريقا •

واخذ جاليليو يفحص السماء بتلسكوبه وأينما وقعت عينه رأى أشياء جديدة ومدهشة • فقد رأى على سطح القمر جبالا وفوهات براكين ومساحات مسطحة اعتقد انها بحار • ورصد بقعا على سطح الشمس • ورأى أربعة أقمار تدور حول كوكب المشتري • كما لاحظ أن كوكب الزهرة تتغير هيئته دوريا مثل القمر • وبدا من المشاهدات بالتلسكوب أن الكواكب ان هى على الأرجح الأعوالم ، مثلها مثل الأرض وربما تتعرض على غرارها للتغير وتشويها العيوب • وحتى الشمس انتفت عنها صفة الكمال

بعدها اكتشف من يقع على سطحها • أما المراحل التي اكتشف جاليليو أن كوكب الزهرة يمر بها فما كان ليظهرها نظام بطليموس ولكن قد يفيد نظام كوبرنيكوس بوجودها •

ولما كانت مشاهدات جاليليو بالتلسكوب قد عززت بلا حدود نظرية كوبرنيكوس عن النظام الشمسي ، فقد اصطلم من جراء ذلك بالحكمة الكاثوليكية التي أجبرته على انكار تلك النظرية • الا أن ذلك أثار استياء القوى الدينية المحافظة ، فقد كان العلميون في أوروبا قد تقبلوا بلا تردد نظرية كوبرنيكوس القائلة بأن الشمس هي مركز النظام الكوكبي ، فضلا عن نظرية كبلر بشأن المدارات البيضاوية •

ولم يكن ما توصل اليه جاليليو بعد من اكتشافات مبكرة بالتلسكوب له أى علاقة بالنظام الشمسي • اذ عندما تطلع بالتلسكوب الى السماء لأول مرة وجهه الى درب اللبانة واكتشف انه ليس مجرد سديم مضئ ، ولكنه تجمع لعدد عظيم من النجوم التي لا يمكن رصدها بالعين المجردة • وأيضا جال بنظره فى السماء اكتشف عديدا وعديدا من النجوم التي ما كان ليراها الا بالتلسكوب •

وبات واضحا أن السماء مكتظة بعدد هائل من النجوم التي لا يمكن رصدها بالعين المجردة لقلة بريقها ولكنها تصبح مرئية ما أن يكتف بالتلسكوب هذا البريق •

ويقودنا ذلك الى انه عندما يخبو نجم مستجد ويختفى فذلك لا يعنى بالضرورة انه اختفى فى الواقع الى الأبد ولكن ربما يكون قد خبا لدرجة لا تتبع رصده بالعين المجردة • وبالتالي فان النجم المستجد قد لا يكون بالمرّة نجما جديدا فى واقع الأمر ولكن مجرد نجم ذى بريق ضعيف فى المعتاد ثم سطع فجأة حتى أصبح مرئيا وبعد فترة خبا ثانية وتوارى فى الخفاء •

وفى عام ١٦٣٨ رصد عالم فلك ألماني يدعى هولواردا أوف فرانكر (١٦٥١ - ١٦١٨) نجما يقع على وجه التحديد فى نفس المنطقة من السماء التي كان فابريشيوس قد اكتشف فيها « مستجدا » قبل اثنين وأربعين عاما • ولاحظ هولواردا أن ذلك النجم يخبو ويختفى ثم يعود للظهور • وتبين بالمتابعة أن بريقه يزداد ويضعف كل أحد عشر شهرا أو نحو ذلك ، بل ويمكن رصده بالتلسكوب حتى وهو فى أقل درجات بريقه • وقياسا بنظام هيبارخوس ، الذى اتسع نطاقه ليشمل ما أتاحة التلسكوب من رؤية درجات دنيا جديدة من البريق ، فان بريق ذلك النجم فى ادنى

مستوياته يكون من الدرجة التاسعة (وهو ما يوازي الدرجة السادسة لما يمكن رصده بالعين المجردة) .

ويقدر بريق نجم فابريشيوس وهو في ذروته بحوالى مائتين وخمسين مثل درجته الدنيا . اذن ، فهو ليس « مستجداً » بالمعنى الدقيق . وحتى عند ذلك الحد ، فقد أتاح التوصل الى تلك الحقيقة نفس فكرة استقرار السماوات ، فان نجما متغيرا ، تتبدل درجة بريقه في تناوب ، ليمثل تقويضا لنظرية أرسطو عن دوام الأجرام السماوية ، بقدر ما يمثل ظهور « نجم مستجد » .

ونتيجة لذلك بات يطلق على النجم الذى يتغير بريقه دوريا « متجدد التالى » . وبذلك يكون هوئوردا أول من اكتشف واحدا من هذه النجوم . ومع ذلك استمر اسم « nova » رغم انها كلمة تعنى « جديد » ، يطلق على النجوم المتجددة التى تسطع فجأة وليس لها نظام دورى . ولما كان نجم فابريشيوس يسطع ويخبو بشكل دورى فلم يعد « مستجدا » وانما أصبح مجرد نجم متجدد التالى .

وكان عالم الفلك الألماني جوهان باير (١٥٧٢ - ١٦٢٥) قد ابتكر سنة ١٦٠٣ نظاما لتسمية كل نجم بحرف لاتينى يتبعه اسم البرج الواقع فيه . وأطلق على نجم فابريشيوس ، عندما رصده فى احدى فترات ظهوره اسم « أعجوبة قيطس » ، « Omicron Ceti » (ولم يكن يدري ان ذلك هو « المستجد » الذى اكتشفه فابريشيوس) . وعندما تبينت طبيعة ذلك النجم متجدد التالى أطلق عليه عالم الفلك الألماني جوهانس هيفيليوس (١٦١١ - ١٦٨٧) اسم « ميرا » ، وهى كلمة لاتينية بمعنى « مدھش » .

وقد اختبر هذا الوصف لأن الطبيعة المتغيرة للنجوم بدت أول ما اكتشفت ظاهرة غريبة وفريدة الا أن ذلك لم يدم طويلا . وقبل نهاية القرن السابع عشر كانت ثلاثة نجوم متجددة أخرى قد اكتشفت وكان واحد منها مشهورا اذ كان ثانى اسطع نجم فى برج القوس الأعظم (فرساوس) وكان معروفًا باسم « رأس الفول » وأحيانا باسم « Beta Persi » .

وفى عام ١٦٦٧ لاحظ عالم الفلك الإيطالى جيمينيانو مونتاناى (١٦٣٣ - ١٦٨٧) أن بريق نجم « رأس الفول » متغير ولكن ليس بدرجات قصوى ، فكان مستوى البريق يتراوح بين ٢٫٢ درجة فى ذروته و ٣٫٥ درجة فى أضعف حالاته وذلك يعنى أن بريق النجم فى أوجه يعادل ثلاثة أمثاله بريقه وهو فى أدنى درجاته .

وربما يكون العرب قد لاحظوا ذلك فى وقت سابق ، فهم الذين أطلقوا اسم الغول على ذلك النجم الذى يمثل حسب الأساطير الاغريقية رأس مدوزة ، الوحش البشع المروع الذى يشيب لرؤيته الولدان . أما الفرس الأعظم (فرساوس) فهو اسم البطل الأسطورى الاغريقى الذى عادة ما يصور ممسكا برأس الوحش مدوزة بعد أن صرعه . وعلى ذلك سيكون العرب قد أطلقوا هذا الاسم بما يوحيه من معنى لوصف بشاعة مدوزة ؟ أم لأن يريق النجم يتغير وبالتالي فهو يتحدى قدسية ثبات الاجرام السماوية ؟ ومن ناحية أخرى ، سيكون اليونانيون أنفسهم قد لاحظوا بجزع ذلك التغير ومن ثم مثلوا ذلك النجم برأس مدوزة ؟

وفى عام ١٧٨٢ عكف شاب انجليزى أصم أبكم فى السابعة عشرة من عمره يدعى جون جودريك (١٧٦٤ - ١٧٨٦) على مراقبة النجم الغول عن كئيب واكتشف أن تغيراته تتم بشكل منتظم ، اذ أن بريقه يزيد ويقل وفقا لدورة تتم فى تسع وستين ساعة . وقد أوحى ذلك لجودريك فكرة أن رأس الغول مزدوج ، واحد أقل بريقا من الآخر ويهوى كل منهما حول الآخر . وكل ٦٩ ساعة يأتى الأقل بريقا أمام قرينه الأكثر بريقا بحيث يخبو ضوء رأس الغول مؤقتا وهلم جرا . وقد تبين صواب ما وصل اليه جودريك وتم حتى الآن اكتشاف نحو مائتين من هذه « المتجددات الكسوفية » .

يتضح من ذلك أن رأس الغول ليس نجما متجددا حقيقيا ، فإن كلا من القرينين يسطع بدرجة ثابتة وما كان النجم ليبدو متغيرا لولا حركة القرينين الدورية حول بعضهما .

وفى عام ١٧٨٤ اكتشف جودريك أن النجم المعروف باسم « دلتا قيفاوس » فى برج قيفاوس نجم متغير ولكن بدرجة أقل من الغول ، اذ ان نسبة درجتي بريقه العليا والدنيا لا تتجاوز الضعف . وكانت دورة التغير أيضا منتظمة للغاية وتتم فى $\frac{5}{6}$ أيام . غير أن نظام تغير بریق دلتا قيفاوس لا يسهل شرحه بظاهرة الكسوف حيث كان يخبو بمعدل أقل من معدل توهجه بينما تقتضى تلك الظاهرة أن يكون المعدلان متساويين .

وشهد القرنان التاليان اكتشاف عدد آخر من النجوم المتغيرة وفقا لمنحنيات بيانية تماثل نظام دلتا قيفاوس ولكن بدورات تتراوح مدتها بين يومين وخمسة وأربعين يوما . وسميت هذه النجوم « المتغيرات القيفاوية » . وظلت تلك المنحنيات مبهمة حتى سنة ١٩٢٠ حيث بين عالم الفلك الانجليزى أدثر ستانلى ادينجتون (١٨٨٢ - ١٩٤٤) انه يمكن شرحها بافتراض أن النجم يتغير بشكل نبضى أى يتضخم بصورة منتظمة ثم ينكمش .

وتنتهي معظم النجوم المتغيرة الى ذات النوع من « المتغيرات النبضية » وبعضها ذو دورة قصيرة وبعضها ذو دورة طويلة ، بعضها منتظم وبعضها غير منتظم . وثمة آلاف من شتى الأنواع معروفة الآن .

وبما أن بريق النجوم « المتجددة » يتغير مع الوقت فهي تندرج أيضا ضمن النجوم المتغيرة . غير أن وجه الاختلاف البين هو أن مقدار التغير يزيد كثيرا عن مثيله في النجوم المتغيرة الأخرى . فدرجة البريق تتضاعف الى عشرات آلاف الأمثال لا الى مجرد الضعف أو ثلاثة أمثال ، ثم تخبو بطريقة ابدا كثيرا وبدرجة تتجاوز مثيلتها تجاوزا كبيرا . علاوة على ذلك فإن النجوم المتغيرة الأخرى تتغير بشكل دورى وعلى فترات متقاربة أما النجوم المتجددة فتغيرها يحدث مرة واحدة وحتى لو تكرر فإن ذلك يتم على فترات متباعدة للغاية وبصورة غير متوقعة تماما .

حركة ومسافة

بعد أن تحقق تماما أن الاجرام السماوية تخضع للتغير ، مر قرن ونصف دون رصد أى نجم مستجد آخر بعد هذين اللذين اكتشفهما تيكو وكبلر ، اذ لم يعد النجم الذى اكتشفه فابريشيوس واعتقد انه مستجد يندرج ضمن هذه الفئة بعدما اتضح من طبيعته .

ولا يعنى ذلك انه لم تظهر نجوم مستجدة أخرى ولكن يعنى أن تلك التى استجدت لم تكن مثيرة للانتباه ولم يرصدها أحد . فرغم تزايد عدد مراقبى السماء الا انه لم يكن هناك ما يكفى من علماء الفلك لدراسة كل شريحة من السماء اثناء الليل بقدر من الدقة والمثابرة يتيح رصد أى نجم مستجد لا سيما ان كان يفتقر الى ما يجذب الانتباه وسط هذا الكم الهائل من النجوم العادية التى اتاحت التلسكوبات الجديدة رؤيتها . وحتى فى يومنا هذا ، ورغم توافر خرائط رائعة لمواقع النجوم ورغم تقنيات التصوير المتطورة ، فقد تستجد نجوم دون أن يلاحظها أحد الا بعد فوات ذروتها الأولى ، بل وربما بعد اجراء مراجعة تفصيلية على صور التقطت فى اوقات سابقة .

غير أن حقبة القرن ونصف التى لم ترصد خلالها نجوم مستجدة لم تمر دون احراز تقدم مهم فى دراسة النجوم .

كان الاعتقاد مازال سائدا ، حتى بعد مائة عام من الدراسات التلسكوبية ، بأن السماء عبارة عن كرة صلبة تحيط بمدار كوكب زحل (وكان أبعد كوكب معروف منذ العصور القديمة وحتى عام ١٧٠٠) ،

أما النجوم فهي حبات صغيرة مضيئة عالقة بها • ويؤكد ذلك أنه رغم التكبير الضخم الذي اتاحه التلسكوب ظلت القبة الزرقاء الكبيرة تغلف كل شيء •

ولقد كان عالم الفلك الانجليزي ادموند هالي (١٦٥٦ - ١٧٤٢) هو أول من اكتشف مذنباً يتحرك في مسار ثابت حول الشمس ثم يعود ادراجه بشكل دوري • وقد أطلق على المذنب منذ ذلك الحين اسم « مذنب هالي » •

وعكف هالي في السنوات التالية على دراسة مواقع مختلف النجوم. بزيد من الدقة ، فبقدر ما حدث من تطورات في التلسكوبات بقدر ما ازدادت دقة الرصد •

ولما قارن هالي خرائطه بالخرائط السابقة حاله أن يلاحظ أن اليونانيين قد اخطأوا فيما يبدو في تحديد بعض مواقع النجوم • وكانت نسبة الخطأ كبيرة لا يبررها عدم لحاقهم بعصر التلسكوب ، لا سيما فيما يتعلق بعدد من ألمح النجوم •

وأحس هالي أنه ليس هناك سوى تبرير واحد : اليونانيون لم يخطئوا ولكن مواقع النجوم هي التي تزعزعت على مدى القرون الستة عشر السابقة • وفي عام ١٧١٨ أعلن هالي أن النجوم الساطعة الشعري اليمانية والشعري الشامية والسمالك الرامح تحركت ثلاثتها بشكل ملحوظ منذ العصور اليونانية بل وتزعزعت قليلا منذ أن قاس تيكو مواقعها طولا وعرضا قبل قرن ونصف •

وبدا لهالي أن النجوم ليست ثابتة بالمرّة وإنما تتجول عشوائيا في مساحات شاسعة من الفضاء مثل أسراب النحل • ولما كانت النجوم تقع على بعد هائل من الأرض فإن المسافات التي تقطعها تبدو متناهية الصغر بحيث يستحيل رصد أي تحرك فيما بين ليلة وأخرى أو عام وآخر ، واستمر ذلك حتى تطورت التلسكوبات بشكل يتيح قياس أي تزعزح مهما بلغ من الصغر •

وبقياس مواقع النجوم جيلا بعد جيل وقرنا بعد قرن أصبحت التزعزعات ملموسة لا سيما بين النجوم القريبة من الأرض • وخلص هالي إلى أن الشعري اليمانية والشعري الشامية والسمالك الرامح لابد وأن تكون من النجوم القريبة بما يفسر مقدار برقيها ومدى وضوح حركة كل منها •

ولكن على أى مسافات تقع النجوم ؟ قد يقول قائل انه يمكن حساب المسافة أو أمكن تحديد «بارالاكس» بعض النجوم - فبالامكان قياس مقدار التغير فى موقع نجم ما مقارنة بنجم آخر أكثر بعدا ، ومثال ذلك الأرض التى تدور حول الشمس وتقطع فى حركتها من جنب الى جنب ثلاثمائة مليون كيلومتر (١٨٦ مليون ميل) • ولكن حتى الحركة النسبية لأقرب النجوم الى الأرض كانت على درجة من الصغر بحيث ما كان لامكانات تلسكوبات عصر هالى ، ولا لقرن بعده ، أن تتيج قياس بارالاكس أى نجم •

واستمرت مسألة قياس مسافات النجوم مستعصية حتى عام ١٨٣٨ حيث نجح عالم الفلك الألمانى فريديك ولهلم بيسل (١٧٨٤ - ١٨٤٦) فى قياس بارالاكس بالغ الصغر لنجم يسمى ٦١ دجاسى (نسبة لبرج الدجاجة) وقد اتضح فيما بعد أنه زوج من النجوم يدوران حول بعضهما •

وليس للنجمين بريق ملفت حتى وان شوهدا معا ولكن حركتهما كوحدة واحدة تنسم بدرجة عالية من التميز ولذلك وقع اختيار بيسل على ذلك النجم المزدوج لدراسته • وتبين انه يبعد عن الأرض بمسافة ١٠٦ تريليون كيلومتر (٦٤ تريليون ميل) • ولما كانت «السنة الضوئية» هى المسافة التى يقطعها الضوء على مدى سنة وتبلغ ٩٤٦ تريليون كيلومتر (٨٨ تريليون ميل) ، فان النجم ٦١ دجاسى يقع على بعد ١١٢ سنة ضوئية من الأرض •

وبينما كان بيسل ينجز ذلك العمل الرائع تمكن عالم الفلك الاسكتلندى توماس هندرسون (١٧٩٨ - ١٨٤٤) من قياس مسافة النجم « رجل الجبار » ووجد انه يبعد ٤٣ سنة ضوئية من الأرض • ويعد « رجل الجبار » أقرب نجم معروف حتى الآن للأرض وهو مكون من نجمين يدوران حول بعضهما مع نجم ثالث يبعد عنهما مسافة كبيرة •

ومن وحدات المسافة التى يتزايد استخدام علماء الفلك لها وحدة «الفرسخ النجمى» وهى تساوى ٣٢٦ سنة ضوئية أو ٣١ تريليون كيلومتر (١٩٢ تريليون ميل) • وبذلك يكون النجم « رجل الجبار » على بعد نحو ١٣ فرسخا نجميا من الأرض بينما النجم ٦١ دجاسى على بعد ٣٤ فرسخا نجميا •

ويمكن القول اذن ان الصورة التى تخيلها نيكولاس أوف كوزا قبل أربعة قرون عن النجوم اتضح انها قريبة تماما من الواقع • فعدها هائل ان لم يكن لا نهائيا ، وهى شمس متناثرة فى مساحات شاسعة من الفضاء ، وتقع كلها على مسافات ضخمة من الأرض •

لقد تبدل أخيرا وبلا رجعة فهم الانسان للسموات ولم يبق شيء.
تقريبا من علم الفلك القديم .

النجوم المتجددة الحديثة

فى عام ١٨٣٨ عكف عالم الفلك الانجليزى جون هيرشيل (١٧٩٢ - ١٨٧١) فى جنوب أفريقيا على دراسة النجوم بالقرب من القطب السماوى الجنوبى وهى نجوم يستحيل رؤيتها من خطوط العرض الأوربية . ورصد هيرشل فى برج الجوز نجما ساطعا من الدرجة الأولى يطلق عليه « ايتا جوجو » . وكان علماء الفلك السابقون الذين انتقلوا الى النصف الجنوبى من الكرة الأرضية لاجراء دراسات فلكية قد رصدوا نفس النجم ولكنهم رأوه باهتا ذا بريق من الدرجة الرابعة .

هل هو نجم مستجد ؟ لقد خبا بريقه تدريجيا بمرور السنوات ولكنه عاد الى التوهج فى عام ١٤٨٣ حتى بلغ بريقه درجة (- ١) وأصبح تقريبا على نفس مستوى ضوء الشعرى اليمانية ذاته . الا ان ذلك لم يدم طويلا وخبا النجم تدريجيا الى أن بلغ الدرجة السادسة اذن لم ولن يكون ذلك نجما مستجدا ولكنه نجم متغير غير منتظم من نوع عادى سوف نتناوله مرة أخرى فى وقت لاحق .

وكان أول نجم مستجد حقيقى يرصد بعد اختراع التلسكوب هو ذلك الذى اكتشفه عالم الفلك الانجليزى جون راسل هايند (١٨٢٣ - ١٨٩٥) سنة ١٨٤٨ فى برج الحوية . وذلك هو نفس البرج الذى رصد فيه كبلر نجمة المستجد فيجا مضى . ولما كان موقع النجم الجديد مختلفا اختلافا بينا عن موقع نجم كبلر - فلا يمكن القول بأنه نفس النجم وقد توهج من جديد . علاوة على ذلك فان المستجد الجديد (وهو الأول منذ نجم كبلر) لم يكن ملفتا للانتباه ، اذ أن درجة بريقه حتى فى أوجها لم تبلغ الدرجة الرابعة .

وقد شهدت السنوات التالية وحتى نهاية القرن التاسع عشر رصد ثلاثة أو أربعة نجوم مستجدة أخرى غير أنها لم تكن مثيرة للانتباه . وقد رصد أحد هذه النجوم سنة ١٨٩١ فى برج « العناز » (ولذا سسمى « المستجد العنازى ») واكتشفه قس اسكتلندى يدعى ت . د . اندرسون .

كان ذلك القس يهوى الفلك وقد توصل الى واحد من أهم الاكتشافات الفلكية التى حققها الهواة . فقد اكتشف «المستجد العنازى» رغم ضعف

بريقه اذ كان من المستوى الخامس • ولرصد نجم بهذه الدرجة الضعيفة من اللعان لابد وأن أندرسون قد حفظ الموقع الدقيق لكل النجوم المرئية فى السماء تقريبا •

ومع بزوغ فجر القرن العشرين ، كان قد مر نحو ثلاثمائة عام دون اكتشاف نجم مستجد ذى بريق من الدرجة الأولى باستثناء حالة « ايتا جوجو » المثيرة للبس •

ولكن فى ليلة الحادى والعشرين من فبراير سنة ١٩٠١ وبينما كان اندرسون عائدا الى منزله اكتشف نجمة المستجد الثانى ، وكان فى برج فرساوس ومن ثم أطلق عليه اسم « المستجد الفرساوسى » • وعلى الفور أبلغ أندرسون مرصد جرينتش باكتشافه وسرعان ما حول خبراء النجوم تلسكوباتهم صوبه • وكان اندرسون قد اكتشف النجم فى وقت مبكر ومن الصحيح أنه ظل ساطعا حتى بعدما أبلغ المرصد • وبعد يومين بلغ بريق « المستجد الفرساوسى » ذروته وقدر بدرجة ٢ر٠ وأصبح بنفس درجة لمعان النجم المعروف باسم « النسر الواقع » •

وكان علماء الفلك قد دخلوا فى ذلك الوقت فى عصر التصوير وهو ما وفر لهم ميزة عملية ضخمة قياسا بأقرا نهم السالفين • فهل كان قد تم ، قبل ظهور « المستجد الفرساوسى » ، تصوير ذلك الجزء من السماء الذى سطر فيه ؟

نعم ، فقد كان مرصد هارفارد قد صور نفس المنطقة من السماء قبل يومين فقط من رصد اندرسون / اكتشافه الجديد • وبفحص الموقع الذى سطر فيه « المستجد الفرساوسى » عثر فى الصور على نجم باهت للغاية من الدرجة الثالثة عشرة من البريق أى ١/٦٣٠ من أدنى درجة يمكن لشخص حاد البصر أن يراها بالعين المجردة •

وعلى مدى أربعة أيام زاد بريق النجم الجديد الى ١٦٠ ألف مثل وارتقى ١٣ درجة فى المستوى غير انه سرعان ما بدأ يخبو ولكن بشكل غير منتظم ليغيب مرة أخرى عن العين المجردة بعد مرور بضعة أشهر ، أى ليعود الى الدرجة الثالثة عشرة من الضوء •

وبعد نحو سبعة أشهر من توهج « المستجد الفرساوسى » بدأت تظهر فائدة جديدة للتصوير • فقد كان النجم يبين للعين ، مجردة كانت أو بالتلسكوب ، مجرد نجم • اما اذا وضع فى بؤرة التلسكوب فيلم بدلا من العين المجردة وكانت هناك مدة تعريض كافية ، يتراكم كم كاف من الضوء ينم عن وجود هالة باهتة حول « المستجد الفرساوسى » • ومع الوقت أخذ

حجم هذه الهالة يتزايد تدريجيا . ويعزى ذلك الى أن الضوء الذى انبعث من النجم أثناء مرحلة توهجه كان ينتشر فى جميع الاتجاهات بسرعة الضوء وينير الغبار الدقيق والغازات المحيطة بالنجم . وفى عام ١٩١٦ ، أى بعد مضى خمسة عشر عاما لاحظ العلماء وجود حلقة باهتة كثيفة من الغاز حول النجم . ويبدو أن ذلك الغاز كان قد انبعث أيضا وقت توهج النجم ثم أخذ فى الانتشار فى كافة الاتجاهات ولكن بسرعات تقل كثيرا عن سرعة الضوء .

وقد بدا واضحا أن النجم تعرض لانفجار رهيب أدى الى انبعثات الغازات وأحدث وميضاً هائلا . وهذا هو كل ما أمكن استنتاجه فى ذلك الحين ، اذ لم يكن العلماء يعرفون شيئا بعد عما يحدث داخل النجوم أو عن التفاعلات التى يمكن أن تسبب انفجارات نجمية . ولم يحل ذلك دون تسمية تلك الظاهرة - وعلى ذلك أصبح « المستجد الفرساوسى » نموذجا لنجم « متغير بركانى » أو نجم « متغير انفجارى » . وربما كانت كل النجوم المستجدة نجوما « متغيرة بركانية » ومن ثم كان من الانسب أن يستعاض بهذا اللفظ المعبر الدقيق عن اسم « المستجد » . إلا أن محاولة تغيير الاسم لم تكن مجددة وظل اسم BOVA عالقا بالأذهان منذ أن ابتكره تيكو وكل الدلائل تشير الى أنه سيبقى .

وفى الثامن من يونيو ١٩١٨ رصد عدد من المراقبين فى أماكن متفرقة نجما مستجدا آخر فى برج العقاب وكان يفوق « المستجد الفرساوسى » فى بريقه ، فقد كان ضوءه من الدرجة الأولى ثم زاد ليبلغ ذروته بعد يومين ووصلت درجة لمعانه الى (- ١١) أى كان بنفس درجة بريق الشمسرى السبانية على وجه التقريب .

وقد ظهر « المستجد العقابى » أثناء الحرب العالمية الأولى ، ولو كان ذلك قد حدث قبل قرون لاعتبره البعض بشرا ، ولقد اعتبره البعض كذلك فعلا حتى فى القرن العشرين . فقد كانت الحرب تقترب من نهايتها . وفى ربيع ١٩١٨ شن الألمان هجوما ضخما على فرنسا كآخر ورقة يقامرون بها من أجل النصر . وقد حشدت ألمانيا فى ذلك الهجوم كل ما تبقى لها من احتياطي وبالفعل أحرزت بعض انتصارات مخيفة ، غير انها لم تكن حاسمة . ومع مطلع يونيو كان الألمان قد بدءوا فى الانهيار ، وبدأ وصول أعداد متزايدة من القوات الأمريكية على وجه السرعة لتعزز الفرنسيين والانجليز . وأشرف الألمان على نهايتهم . وبالفعل لم تكد تمر خمسة أشهر أخرى حتى استسلموا . وقد وصف جنود الحلفاء على الجبهة « المستجد العقابى » بأنه « نجم النصر » .

وفي هذه الحالة أيضا أظهرت صور مرصد هارفارد النجم قبل توهجه وبدا فيها باهتا يتراوح مستواه بين الدرجة العاشرة والحادية عشرة . وقد تضاعف بريقه على مدى خمسة أيام بمقدار خمسين ألف مثل ولكنه خبا بسرعة على نحو لا يد وأن كان متوقعا . وفي سبتمبر أصبح يرى بالكاد بالعين المجردة . وبعد ثمانية شهور ما كان يرى الا بالتلسكوب .

وكان المستجد العقابي أسطع نجم مستجد يظهر في السماء منذ عام ١٦٠٤ ولم يظهر شيء يمثل هذه الدرجة من البريق حتى الآن . الا أن البريق ليس السبيل الوحيد للتمييز .

ولقد كان هناك شعور متزايد بأن النجوم المستجدة انما بعثت من نجوم باهتة مضوية تماما . ولو أن أحدا قد رأى نجما قبل أن يتحول فيما بعد الى « مستجد » لما لاحظ عليه ما يسترعى الانتباه . ومن ناحية أخرى فبوسع المرء أن يمضي بدراسته الى أبعد من مجرد مراقبة النجوم .

كان علماء الفلك ، مع نهاية القرن التاسع عشر ، قد ابتكروا المطياف وهو منظار يحلل الضوء الى أطيايف بحسب طول موجاتها ، ويحوّله الى قوس قزح بألوانه الأحمر والبرتقالي والأصفر والأخضر والأزرق والبنفسجي (بترتيب تنازلي لطول الموجة) . وبدراسة توزيع الضوء وأطيايفه ومعرفة الألوان الناقصة عند التحليل والتي تتمثل في « خطوط ممتمة » تتقاطع مع النطاق الطيفي وبفحص وضع تلك الخطوط المعتمة أمكن لعلماء الفلك استنتاج ما إذا كان نجم يتحرك صوب الأرض أو يبتعد عنها ، وما إذا كان متوهجا أو باردا ، وماهيّة تركيبه الكيميائي وما الى غير ذلك من الخصائص .

ماذا اذن عن أطيايف نجم مقبل على مرحلة تبيد تألقه بعد حين ؟

مما يبعث على الأسف أن عملية الحصول على طيف نجم باهت كانت مسألة شديدة الصعوبة وكم هناك من اعداد هائلة من مثل تلك النجوم . ومن ثم فإن محاولة التوصل الى أطيايف كل النجوم في السماء لهي مسألة بالغة الصخامة حتى باستخدام العقول الالكترونية ، وبالطبع فإن عمليات القياس الطيفي التي جرت حتى الآن لم تشمل سوى قلة قليلة من النجوم . واذا اهتم علماء الفلك « بالمستجد العقابي » فقد أجرى لنجمه الأصلي قياس طيفي والنتيجة مسجلة . ولمسه حتى يومنا هذا الوحيد من بين كافة النجوم المستجدة المسجل طيف نجمه الأصلي قبل أن يتوهج .

غير أن ذلك الطيف لم يظهر شيئا غير عادي عن « المستجد العقابي » في مرحلة ما قبل الانفجار باستثناء أنه بدا نجما متوهجا تبلغ درجة

حرارة سطحه اثني عشر ألف درجة مئوية أى ضعف درجة حرارة شمسنا البالغة ستة آلاف درجة . ويتفق ذلك مع المنطق ، اذ حتى بدون معرفة تفاصيل ما يحدث داخل النجوم أو كيف تتم عملية الانفجار في اطار التحول الى نجم مستجد ، فلا بد وأن يتوقع علماء الفلك أن النجوم المتوهجة أكثر تعرضا للانفجار من النجوم الباردة .

وفي ديسمبر ١٩٣٤ ظهر مستجد آخر في برج الجاني عرف باسم «المستجد الجاني» . وبداية كان ذلك المستجد «نجما متغيرا» محدود التغير حيث كان بريقه يتراوح بين الدرجتين الثانية عشرة والخامسة عشرة . وقد أظهرت الصور الملتقطة له ، لدى فحصها فيما بعد ، أن النجم كان حتى الثاني عشر من ديسمبر أضعف من أن يرى بالعين المجردة حتى وهو ساطع . الا أن بريقه ازداد في الليلة التالية وتحول الى الدرجة الثالثة ورآه فلكي انجليزى هاو .

وكان معدل توهجه بطيئا بالنسبة لنجم مستجد ولكنه في الثاني والعشرين من نفس الشهر بلغ ذروته ووصل الى درجة ١٤٠ . ثم بدأ يخبو بشكل غير منتظم ، يتوازي قليلا ثم لا يلبث أن يظهر واستمر ذلك الى أن أصبح في أول ابريل لا يرى بالعين المجردة الا بالكاد وسرعان ما غاب تماما في أول مايو وعاد الى الدرجة الثالثة عشرة أى نفس درجة بريقه تقريبا قبيل تحوله .

واعتقد علماء الفلك أن « المستجد الجاني » قد انتهى أمره ، وما أن هموا باجراء دراسات فلكية أخرى حتى عاد ذلك النجم الى التوهج مرة أخرى . وفي الثاني من يونيو بلغ الدرجة التاسعة . واستمر في التوهج وان كان بمعدل بطيء حتى بلغ درجة ٦٧ في سبتمبر وأصبح على درجة من البريق تتيح رؤيته بالعين المجردة . ثم عاد ليخبو ولكن ببطء شديد واستمر كذلك الى أن رجع في عام ١٩٤٩ ، أى بعد ١٥ سنة من ظهوره أول مرة ، الى الدرجة الثالثة عشرة للمرة الثانية .

يتضح اذن وبشكل متزايد انه لا يجب الاعتقاد بأن النجم المستجد يتوهج مرة واحدة فحسب ، حيث يفيد واقع الحال بوجود « نجوم متعددة التالى » . ففي عام ١٨٦٦ تاجع نجم متجدد التالى في برج الاكليل الشمالى وبلغ الدرجة الثانية ، ثم كرر نفس الشيء تماما في عام ١٩٤٦ . وثمة نجوم متجددة كررت تألقها ثلاث أو حتى أربع مرات . ومن المرجح أن يكون النجم « ايتا جوجو » نجما متجدد التالى أكثر من كونه مجرد مستجد . وسوف نتعرض لتلك المسألة مرة أخرى لاحقا .

أما أحدث نجم متجدد ساطع فقد ظهر في برج الدجاجة في التاسع والعشرين من أغسطس ١٩٧٥ . وقد توهج ذلك النجم بطريقة فجائية غير معتادة وبلغ الدرجة الثانية بعد أن كان يناهز الدرجة التاسعة عشرة ، أي تضاعف بريقه ثلاثين مليون مرة في يوم واحد . غير أنه سرعان ما خبا وغاب عن النظر خلال ثلاثة أسابيع . وعلى ذلك يبدو أنه كلما زادت سرعة التوهج زادت سرعة ودرجة الافول غير أن معدل الافول عادة ما يكون فيما يبدو أقل من معدل التوهج .

ما هو مقدار شدة الاضاءة ؟ وإلى أى مدى يمكن التعميم ؟

ما مقدار الضوء الذى تشعه بالفعل النجوم المستجدة ؟ اننا نتحدث عن بریق النجوم المستجدة ونقول انه يقترب من هذا المستوى أو ذاك ، وانه يماثل بریق الشعرى اليمانية أو يفوق بریق الزهرة ، لكن ذلك لا يوضح كل شيء . فلو أن نجما متجددا بدا أكثر بریقا من آخر ، فإن ذلك يعزى إما لأنه بالفعل أكثر بریقا (أى أشد اضاءة) أو لأنه أقرب إلى الأرض ومن ثم يظهر على درجة من البریق تفوق حقيقته نسبيا .

ولقد أصبح بالامكان اليوم ، بطريقة أو بأخرى ، تقدير مسافة النجوم . وإذا كان بریق نجم عند مسافته الفعلية معلوما ، فليس من العسير حساب شدة بریقه لو كان على بعد آخر . وبصفة عامة فإنه سيبدو أقل بریقا لو زاد بعده وأكثر بریقا لو قل وذلك وفقا لقاعدة سهلة تقول ان شدة الاضاءة تتناسب عكسيا مع مربع المسافة .

وعلى ذلك فإن شمسنا تعد بفارق كبير أسطح النجوم فى السماء حيث تبلغ درجة بریقا (- ٢٦,٩١) يليها الشعرى اليمانية ودرجة بریقه (- ١,٤٢) . وبذلك تفوق الشمس فى بریقا الشعرى اليمانية بفارق ٢٥,٤٩ درجة ولما كانت كل درجة تمثل ٢,٥١٢ ضعفا ، فإن الشمس تسطح فى سمائنا بدرجة بریق تعادل ١٥ بليون ضعف بریق الشعرى اليمانية .

غير أن الشمس تعد من ناحية أخرى أقرب نجم إلى الأرض بلا مقارنة . فهي تبعد عن الأرض بمسافة ١٥٠ مليون كيلومتر (٩٣ مليون ميل) فقط أى خمسة أجزاء من مليون فرسخ نجمى . أما الشعرى اليمانية فهو يبعد عن الأرض بمقدار ٢,٦٥ فرسخ نجمى أى بنسبة ٥٣٠ ألف ضعف مسافة الشمس .

ولعلنا نفترض الآن أننا نرصد الشمس والشعري اليمانية من نفس المسافة (المسافة المعيارية التي يستغلها علماء الفلك لهذا الغرض هي عشرة فراسخ نجمية) •

لو تصورنا الشمس على بعد عشرة فراسخ نجمية أى ما يعادل مليوني مثل مسافتها الفعلية فإن شدة انضاءها ستضعف ، وفقا لقانون المربع العكسي ، بمقدار مليونين \times مليونين أى أربعة تريليون (مليون مليون) مرة • ولو أننا عدلنا بناء على ذلك مستوى بريق الشمس بقسمة شدة الانضاءة على 2×10^{12} لكل درجة لوجدنا أن انخفاض شدة الانضاءة بنسبة 4 تريليون مرة سينقل الشمس الى الدرجة (٤٦٩) • وذلك يعنى أنه لو كانت الشمس على مسافة عشرة فراسخ نجمية لكانت درجة بريقها ٤٦٩ ، وهذه هي « القيمة المطلقة لمستواها الضوئي » ، أى لكانت نجما من الدرجة الخامسة ، أى عضوا متواضعا فى المجتمع الفلكي •

أما نجم الشعري اليمانية ، الذى يبعد ٢٦٥ فرسخ نجمي عن الأرض ، فإن مسافته ستتضاعف بمقدار $\frac{3}{4}$ مرة لو تصورنا أنه تحرك الى مسافة عشرة فراسخ نجمية • وبالطبع سيقبل بريقه ولكن ليس بقدر كبير ، اذ ستكون « القيمة المطلقة لمستواه الضوئي » ١٣ ، وبالتالي سيظل وهو على بعد عشرة فراسخ نجمية نجما من الدرجة الأولى ولكنه لن يكون ضمن أسطح النجوم فى السماء •

ولعلنا نميز الآن بين اصطلاحين هما « البريق » و « شدة الانضاءة » • عندما نتحدث عن البريق فاننا نعنى مستوى لمعان النجم فى موقعه الفعل فى السماء • أما لو أردنا مقارنة بريق نجمين مع افتراض انهما على نفس البعد من الأرض — أو بمعنى آخر مقارنة مستوى اللامعان المطلق لكل منهما — فاننا سنستخدم لفظ « شدة الانضاءة » •

والمقارنة بين بريق جسمين ترتفع فى جانب منها يبعد كل منهما عن العين ، فعود ثقاب مشتمل وهو فى اليد يبدو أكثر بريقا من الشعري اليمانية • لذا فإن المقارنة بين شدة انضاءة الجسمين هى المحك الحقيقى اذ انها تبين أى الجسمين أكثر اشعاعا للضوء ومقدار الفارق بينهما •

وعلى ذلك فإن الشعري اليمانية يفوق الشمس فى بريقه بمقدار ٣٤ درجة على فرض أنهما على نفس البعد من الأرض وذلك يعنى أن شدة انضاءه تعادل ٣٣ مثل شدة انضاءة الشمس •

والآن ، أين تقع النجوم المتجددة من هذا القياس ؟ رغم انه ليس من السهل دائما تقدير مسافة النجوم المتجددة من الأرض اذ عادة ما تكون على بعد سحيق ، الا ان ما أمكن التوصل اليه من معلومات عن بعض منها يفيد بأن المستوى المطلق لبريق تلك النجوم قبل تجدها يناهز الدرجة الثالثة في المتوسط ، أى أن شدة اضاءتها تساوى نحو خمسة أمثال شدة اضاءة الشمس . أما وهى فى أوج بريقها فانها تصل الى ١٥٠ ألف مثل شدة اضاءة الشمس ، حيث يقدر مستواها المطلق بنحو (٨ -) درجة فى المتوسط .

وبعض علماء الفلك يقسمون النجوم المتجددة الى نوعين : سريعة وبطيئة .

النجوم المتجددة السريعة (أو المستمرة) تتضاعف شدة اضاءتها مائة ألف مرة أو يزيد فى بضعة أيام فحسب ، وتبقى فى ذروة بريقها لمدة تقل عن الاسبوع ثم تخبو بمعدل متوسط منتظم .

أما المتجددات البطيئة فانها تتوهج بمعدلات أبطأ ووفقا لانماط غير منتظمة علاوة على أن مقدار التضاعف يكون أقل ، ثم تخبو بمعدلات وانماط تقل حتى عن تلك الخاصة بالمستمرة .

ويعد المتجددان الفرساوى والدجاجى من أمثلة النجوم المستمرة بينما المتجددان المنازى والجائى من المتجددات البطيئة . أما تلك التى تعاود التألف كل عشرات السنين فانها تميل فى معدل توهجها الى أن تكون أبطأ من المتجددات العادية بل والبطيئة منها .

ولمنا نتساءل ما هى النجوم المتجددة المعروفة ؟

كان من الصعب قبل عام ١٩٠٠ رؤية النجوم المتجددة ، أما الآن فهي ترى بمعدل أكبر . ولا يعزى ذلك الى أن عددها قد زاد ولكن لأن مزيدا من علماء الفلك باتوا يراقبون السماء ، فضلا عن استعانتهم بتقنيات أفضل لرصد النجوم . ورغم ذلك فإن ما نراه من متجددات هو أقصى ما يمكن أن نرصده .

ولفهم السبب ، فلنبدأ بالسؤال من عدد النجوم . بالعين المجردة يمكن أن نرى حوالى ستة آلاف نجم أما بالتلسكوب فيصل هذا العدد الى بضعة ملايين .

ولكن هل هناك عدد لانهاى من النجوم على نحو ما ذهب اليه اعتقادا نيقولا أوف كوزا ؟

ان طبيعة مجرتنا ، المعروفة باسم درب اللبانة ، تبعث على استبعاد فكرة وجود عدد لانهاى من النجوم . فهى عبارة عن حزام هائل من الضوء النجمى يحيط بسمائنا ، ويظهر من خلال التلسكوب انه تجمع لعدد فائق من النجوم بالقوة الضعف . ويقدر الوزن الاجمالى للمجرة بمائة مليون مثل وزن الشمس . ومعظم النجوم فى المجرة تقل كثيرا فى حجمها ووزنها عن الشمس ، ومن ثم يمكن تقدير عدد النجوم بنحو ٢٥٠ بليون نجم .

ويقدر علماء الفلك عدد النجوم التى تجدد تألقها فى مجرتنا بنحو خمسة وعشرين سنويا فى المتوسط . وبمقارنة ذلك العدد باجمالى عدد النجوم فى المجرة يتضح لنا أن واحدا فقط من كل عشرة بلايين يتجدد توهجه فى السنة .

ولا يعنى احتمال ظهور خمسة وعشرين نجما متجددا سنويا فى المجرة اننا سنراها كلها مهما بلغنا من مثابة . فضلا عن أن سحب الغبار التى تحجب مركز المجرة عنا تجعل من المستحيل رصد نجم يتجدد تألقه بالقرب من ذلك المركز (حيث تتكدس معظم النجوم) أو فى أى مكان فى النصف البعيد من المجرة .

ولهذا السبب فانه لايتاح فى أفضل الأحوال أن نرصد سنويا سوى اثنين أو ثلاثة من النجوم متجددة التألق ، بالاعتماد على ما تشعه من ضوء .

النجوم الكبيرة والصغيرة

الطاقة الشمسية

لو قدرنا أن نجما متجددا تضاعفت شدة اضاءته مائة ألف مرة في بضعة أيام ، فلا بد أن ندرك أنه أطلق طاقة بمعدل هائل في الفضاء . وعلى سبيل المثال ، يقدر ما يولده متجدد متوسط الحجم من طاقة يومية وهو في ذروته بما يعادل ما تولده الشمس في ستة أشهر .

من أين تأتي تلك الطاقة ؟

لعلنا قبل الرد على هذا السؤال ، نسأل أولا من أين تستمد الشمس نفسها طاقتها ؟ . لقد استمرت الشمس تسطع على مدى ٦٤ بليون سنة بنفس معدلها الحالي تقريبا ، وبالتالي أطلقت كما اجماليا من الطاقة يفوق التقدير ، ولا تزال تسطع وستظل على نفس الحال ، لخمسة أو ستة بلايين سنة أخرى . فمن أين يأتي هذا الكم من الطاقة ؟

لم يرد هذا السؤال على بال أحد حتى منتصف القرن التاسع عشر ، اذ كان الناس في المصور القديمة والوسطى يعتقدون ببساطة أن الشمس مصنوعة من مادة سماوية تتسم بخاصية البريق ، ومن ثم لا مجال لأن يتوقف بريقها لأنه قانون الطبيعة ، وهل ثمة مجال لأن يتوقف ناموس الحياة على الأرض المتمثل في تدهور الأشياء مع الزمن . ولم يكن معروفا أن الشمس بهذه الدرجة من القدم بل كان يعتقد أنها تسطع منذ بضعة آلاف سنة فقط .

ومع مرور سنوات القرن التاسع عشر بدأ ذلك الأمر يستوقف العلماء . ولم يكن لديهم اعتقاد بأن الأجرام السماوية تختلف عن الأرض اختلافا جوهريا في تركيبها الكيميائي . وكانوا قد بدؤوا يدركون أن غمر الشمس يقدر بملايين السنين وليس بالآلاف ، وأخذوا بهمة متزايدة يدرسون خصائص الطاقة .

وفي عام ١٨٤٧ وضع عالم الفيزياء الألماني هيرمان فون هيلمهولتز (١٨٢١ - ١٨٩٤) « قانون بقاء الطاقة » وذلك بعد أن أجرى دراسات دقيقة على مراحل مختلفة لعملية تتضمن تغيرات في الطاقة . ويفيد القانون بأن الطاقة لا يمكن أن تنشأ من عدم أو أن تفتى وإنما يمكن أن تتغير من هيئة الى أخرى . وقد توصل عدد آخر من العلماء الى نفس النظرية تقريبا في الأربعينات من القرن التاسع عشر الا أن هيلمهولتز كان أكثر اقناعا بما توصل اليه من براهين ومن ثم عادة ما كان يكتسب مصداقية لقانونه .

يضاف الى ذلك أن هيلمهولتز كان أول من كرس كل اهتمامه لمسألة الطاقة الشمسية . واستنادا الى هذا القانون فلا مجال لأن تستمد الشمس طاقتها من مكان آخر أو أن تولدها من عدم . من أين إذن تأتي الطاقة ؟

فكر هيلمهولتز في عدة مصادر للطاقة معروفة جيدا ، وأخذ يبحث هل تحصل الشمس على طاقتها عن طريق الاحتراق الكيميائي العادي ؟ أو تستمدتها من سقوط أجسام فضائية عليها باستمرار ؟ لقد أوضحت نتائج تجاربه الأولى أن الشمس ستولد قدرا غير كاف من الطاقة في حالة الاحتراق الكيميائي ، أما لو سقطت عليها أجسام فضائية فستعرض لتغير في كتلتها ما كان يصعب رصد نتائجه ، ولكن ذلك لا يحدث .

وفي نهاية المطاف حسم هيلمهولتز في سنة ١٨٥٤ تلك المسألة حيث خلص الى أن المصدر الوحيد المعروف للطاقة التي يمكن أن تستمدتها الشمس دون أن ينطوي ذلك على خروج عن قانون بقاء الطاقة هو الطاقة الناجمة عن انكماش الشمس ذاتها ، أو بمعنى آخر الطاقة الناجمة عن سقوط كتل من نفس جسم الشمس ببطء الى داخلها . تلك الطاقة تتحول الى اشعاعات تغذي الشمس لبضعة آلاف من السنين .

ولم يكن ذلك التبرير في مجمله مقنعا ، فلو أن الشمس ظلت تنكمش لعشرات الملايين من السنين لكان حجمها في البداية من الضخامة بحيث تلامس مدار الأرض . وما كان للأرض أن تتكون أصلا لو لم تكن الشمس أقل كثيرا من ذلك الحجم المفترض ، ولو صح ذلك ما تجاوز عمر الأرض بضع مئات الملايين من السنين .

وقرب نهاية القرن التاسع عشر كان الجيولوجيون والبيولوجيون يحذوهم شعور قوي بأن الأرض ، ومن ثم الشمس ، أقدم كثيرا من بضع عشرات الملايين من السنين . وقدروا عمر الأرض بما لا يقل عن مئات الملايين من السنين بل قد يكون بليون سنة أو يزيد . والشمس لن تقل عمرا عن ذلك . ومن ثم ما كان لانكماشها أن يفى بالقدر المطلوب من الطاقة خلال هذه المدة . ماذا إذن ؟؟

وبنهاية ذلك القرن شهدت البشرية على غير توقع ارهاصات مولد مصدر جديد للطاقة ، ففي عام ١٨٩٦ اكتشف عالم الفيزياء الفرنسى انطوان هنرى بيكريل (١٨٥٢ - ١٩٠٨) « النشاط الاشعاعى » ، فقد اكتشف أن ذرات معدن اليورانيوم تنفذ ببطء شديد ولكن بانتظام الى ذرات أخرى أصغر حجما .

وفى عام ١٩٠١ أثبت عالم فيزياء فرنسى آخر يدعى بيير كورى (١٨٥٩ - ١٩٠٦) أن النشاط الاشعاعى مصحوب بتوليد كميات ضئيلة من الحرارة - ضئيلة جدا . ولكن ، بما أن النشاط الاشعاعى يمكن أن يستمر بلايين السنين ، وبحساب ما تحتوى الأرض ككل من مواد مشعة ، نجد أن الكم الاجمالى من الحرارة المتولدة كم هائل . لقد بات واضحا أن مصدرا للطاقة جديدا وضخما قد اكتشف .

وبدأ مسبر أغسوار الذرة . فى عام ١٩٠٦ اكتشف الفيزيائى النيوزيلندى المولد ارنست روثرفورد (١٨٧١ - ١٩٣٧) أن الذرة ليست مجرد كرة بالغة الصغر ، على نحو ما كان معروفا ، ولكنها مكونة من « جسيمات » أقل حجما وأكثر دقة ، تتمثل أساسا (كما نعلم اليوم) فى البروتونات والنترونات وتقع البروتونات والنترونات ، وهى الأثقل نسبيا ، فى نواة بالغة الدقة بمرکز الذرة . أما الالكترونات وهى خفيفة الوزن نسبيا فتدور حول الذرة . والنواة هى التى تتعرض للتفجير وتولد طاقة أثناء عملية النشاط الاشعاعى . وهكذا بدأ الناس يتكلمون عن « الطاقة الذرية » .

حسن ، ولنسأل الآن .. هل الشمس تسطح بسبب الطاقة الذرية ؟ لقد كان المصدر الوحيد المعروف للطاقة الذرية فى الحقبة الأولى من القرن العشرين هو الانشطار الاشعاعى لذرات مواد مثل اليورانيوم والثوريوم . فهل الشمس عبارة عن كرة ضخمة من اليورانيوم والثوريوم ؟

والاجابة لا ، لايمكن أن تكون كذلك . فقد كان التركيب الكيمايى للشمس معروفا فى بداية القرن العشرين ، والفضسل فى ذلك يرجع الى المطياف على نحو ما أشرنا سالفا . ويدفعنا ذلك الى الحديث مرة ثانية عن التحليل الطيفى .

عندما يمر ضوء الشمس خلال منشور زجاجى فانه يتحلل الى ألوان الطيف أى الى قوس قزح ، وذلك شئ اكتشفه لأول مرة العالم الانجليزى اسحق نيوتن (١٦٤٢ - ١٧٢٧) سنة ١٦٦٦ . ويعزى تحليل الضوء الى أنه مكون من موجات بالغة الصغر ذات أطوال متباينة ، وبمروره

خلال منشور زجاجي فان كل شعاع ينكسر بدرجة تتناسب مع « طول موجته » . وكلما كان طول الموجة أقصر ازدادت درجة الانكسار . ومن ثم فان الطيف يتكون من كل موجات الضوء بعد أن تحللت وترتبت من الأطول الى الأقصر .

وفي عام ١٨١٤ بين عالم البصريات الألماني جوزيف فراونهوفر (١٧٨٧ - ١٨٢٦) أن خطوطا قائمة عديدة تتخلل الطيف الشمسي . وكما نعلم الآن فان تلك الخطوط القائمة تعزى الى أن الغلاف الشمسي يمتص بعضا مما يمر به من أشعة الضوء ولذلك فان ضوء الشمس يصل الى الأرض دون تلك الأشعة التي تتسم بأطوال موجات معينة والخطوط القائمة ما هي الا الفراغات الناجمة عن ذلك .

أما عالم الفيزياء الألماني جوستاف روبرت كيرشهوف (١٨٢٤-١٨٨٧) فقد أثبت في عام ١٨٥٩ أن كل نوع من أنواع الذرة يمتص (أو يصدر اذا كان ساخنا) أشعة ذات أطوال موجات مميزة ولا يمتصها نوع آخر من الذرات . إذن ، يمكن تحديد نوع الذرة عن طريق دراسة أطوال موجات الأشعة التي تمتصها أو تشعها تلك الذرة .

وفي عام ١٨٦١ شخص عالم الفيزياء السويدي اندرز يوناس انجستروم (١٨١٤ - ١٨٧٤) بعضا من الخطوط القائمة في الطيف الشمسي واكتشف انها تنتمي في الأصل لأشعة الهيدروجين ، وهو عنصر مكون من أبسط الذرات تركيبا في الوجود . تلك كانت أول مرة في التاريخ يجري فيها تشخيص واضح لجزء على الأقل من مكونات أحد الأجرام السماوية ويتضح أنه مكون من مادة موجودة على الأرض . وهكذا انهارت نظرية أرسطو القائلة بأن الأجرام السماوية مكونة من مواد فريدة .

ومنذ ذلك الحين أصبح الطيف الشمسي موضع دراسة بمزيد ومزيد من التفاصيل وتم اكتشاف أنواع أخرى من الذرات في الشمس وكلها أيضا موجودة على الأرض . بل لقد أمكن تحديد نسب مختلف أنواع الذرات . ومن ثم يمكن القول بمنتهى اليقين ان الشمس ليست كرة من اليورانيوم والثوريوم . بل ان هاتين المادتين لا وجود لهما الا بمقدار ضئيل للغاية ليس من شأنه أن يولد من الطاقة الا قدرا لا يذكر بالمرّة قياسا بالكمية التي تشعها الشمس على الدوام .

فهل ذلك يعني أن الطاقة الذرية لا يمكن أن تكون مصدرا للطاقة الشمسية ؟

والرد هو النفي القاطع • ففي عام ١٩١٥ طرح كيميائي أمريكي يدعى وليم دراير هاركينز (١٨٧٣ - ١٩٥١) آراء نظرية تفيد بأن تغيير التركيب النووي بصور مختلفة عن التركيب الاشعاعي العادي ، كفيل بتوليد طاقة • وأبرز على وجه التحديد أن تحول أربع أنوية من الهيدروجين الى نواة واحدة من الهليوم هو أحد أنواع إعادة التركيب النووي التي تؤدي الى توليد طاقة بكميات فائقة ، ووصل في تصوره الى أن مثل هذا النوع من « الاندماج النووي الهيدروجيني » ، على نحو ما يطلق حالياً على هذه العملية ، هو مصدر الطاقة الشمسية •

ولما كان النشاط الاشعاعي الناجم عن الانشطار النووي يتم على الأرض بشكل تلقائي ، ومن المرجح أن يكون كذلك على الشمس ، فهو يصلح اذن لأن يكون مصدراً للطاقة الشمسية لو توفرت المواد المشعة بكميات كافية • أما عملية الاندماج النووي الهيدروجيني فانها لا تتم في ظروف عادية ولكنها تتطلب درجات حرارة هائلة ، ليست متوفرة حتى على سطح الشمس الملتهب •

غير أن أدينجتون ، في سنة ١٩٢٠ تناول المسألة من زاوية أخرى ، حيث تساءل لماذا لم تنقص الشمس وتنقبض تحت تأثير قوة جاذبيتها الهائلة ؟ • وأعزى ذلك الى الحرارة بوصفها القوة الوحيدة التي يمكن أن تحافظ على تمدد الشمس ضد قوة الجاذبية ، وحسب درجة الحرارة التي ينبغي أن يكون عليها جوف الشمس حتى تبقى بحجمها الحالي • لابد وأن تكون في حدود ملايين الدرجات المثوية والرقم المتفق عليه بصفة عامة هو نحو ١٥٠ مليون درجة مئوية •

وفي عام ١٩٢٩ أجرى عالم الفلك الأمريكي هنري نوريس راسل (١٨٧٧ - ١٩٥٧) دراسات عن تكوين الشمس بتفاصيل لم يسبقه اليها أحد • وأثبت تحليلاته اللطيف الشمسي أن الهيدروجين يشكل زهاء ٧٥٪ من كتلة الشمس وال ٢٥٪ المتبقية من الهليوم • وهاتان المادتان تشكلان تركيزاً من أبسط ذرتين • أما الذرات الأخرى الأكثر تعقيداً فلا تتجاوز في مجموعها واحداً في المائة من مكونات الشمس •

واذا كانت الشمس في الأساس عبارة عن كرة من الهيدروجين والهليوم فان عملية الاندماج النووي الهيدروجيني هي التفاعل النووي الوحيد الذي يمكن أن يوفر القدر اللازم من الطاقة للاشعاع الشمسي ، علاوة على أن جوف الشمس ، ان لم يكن سطحها ، يولد ما يكفي من حرارة لحدوث تلك العملية •

وفى عام ١٩٣٨ استند عالم الفيزياء الأمريكى الألمانى الأصل هانز البريشت بيتى (١٩٠٦ - ؟) الى الدراسات السابقة عن تكوين الشمس ودرجة حرارتها الجوفية وطرح تصورا دقيقا لآلية ما يحدث فى جوفها . ولقد أدخلت فيما بعد بعض التعديلات على هذا التصور الذى يفيد بأن الطاقة الشمسية تنجم عن اندماج أربع أنوية من الهيدروجين لتتحول الى نواة هليوم ، تساما على نحو ما قال به هاركينز قبل ربع قرن مضى .

ولا شك فى أن ما يجرى فى الشمس يجرى فى النجوم الأخرى ، وما دمننا قد توصلنا الى حل لمسألة الطاقة الشمسية ، نكون قد وضعنا أيدينا تقريبا على حل لمسألة الطاقة النجمية بصفة عامة .

ومن شأن عملية « الاندماج النووى الهيدروجينى » أن تواصل - دون اختلال التوازن البيئى - توليد قدر ثابت من الطاقة (أو متغير بمعدل بطئ للغاية) وذلك لفترات من الزمن تختلف باختلاف كتلة النجوم . فكلما زادت كتلة النجم ، احتوى على كم أكبر من الهيدروجين ، ولكن أيضا كلما زادت قوة جاذبيته احتاج لمزيد من الحرارة لابقائه ممتددا مقاوما للانقباض . كذلك كلما زادت الكتلة فاقت الحاجة معدل التغذية . ويعنى هذا أن المخزون الكبير من الوقود ، الذى يميز النجوم الثقيلة ، يستهلك بمعدل أسرع من المخزون المحدود لدى النجوم الأخف وزنا . . . إذن ، فكلما زادت كتلة النجم ، قل عمره كآلة للاندماج النووى الهيدروجينى .

ويبلغ من سرعة استهلاك الهيدروجين فى نجم ثقيل انها لا تتيج بقاءه كنجم عادى الا لبضعة ملايين من السنين . أما اذا قل حجم النجم كثيرا فان معدل استهلاكه لما يحتويه من كم أقل نسبيا من الهيدروجين ليتيج استمرار نشاطه لحوالى مائتى بليون سنة .

وفيما يتعلق بالشمس التى تحتل مركزا وسطيا فى هذا الخضم فان مخزونها من الهيدروجين يكفى لاستمرار نشاطها لما بين عشرة الى اثنى عشر بليون سنة . وبما انها موجودة منذ ٤٦٠٠ بليون سنة فما زالت على بعد كبير من منتصف عمرها الافتراضى كنجم عادى .

وتوصف النجوم فى هذه المرحلة من عمرها بأنها فى « طورها الرئيسى » . وتعتبر الشمس فى « طورها الرئيسى » مثلها مثل نحو ٨٥٪ من النجوم التى نراها فى السماء .

المتفرعات البيضاء

من العجيب أن الكيفية التي اكتشف بها أن النجوم ليست كلها في طورها الرئيسي ، بدأت وانتهت بطريقة تبدو لا تمت للأمر بشئ ولكنها تلقى الضوء على طبيعة النجوم متجددة التالى • ماذا حدث ؟

لقد كان يفترض دائما أن النجوم عسارة عن أجسام مفردة • ولا يتنافى ذلك مع وجود تجمعات نجمية متقاربة فى بعض المواقع فى السماء ، فوجود بعض الأشخاص أو الأشجار فى تجمعات متقاربة قد لا يحجب هيئتهم كأجسام مفردة مستقلة •

ولقد اكتشف بعد اختراع التلسكوب أن النجوم تشكل فى بعض الأحيان تجمعات على درجة من التقارب تفوق ما كان يتخيله العلماء فى أوقات سابقة • بل ان من النجوم ما كان يشكل فى الحقيقة ثنائيا على درجة من التقارب بحيث يراها الناظر بالعين المجردة كنجم واحد • وعلى سبيل المثال ، فلقد أشرنا آنفا الى أن النجمين « ٦١ دجاجة » و « رجل الجبار » يشكل كل منهما ثنائيا متألفا على درجة كبيرة من التقارب •

ولما كانت النجوم منتشرة فى قطاعات وأعماق هائلة من الفضاء فمن الممكن القول بأنه لو بدا نجمان قريبين من بعضهما فى الفضاء فقد يكون أحدهما قريبا من الأرض والآخر بعيدا تماما ولكنها يبدوان قريبين من بعضهما لوقوعهما بدرجة ما على نفس خط اتجاه النظر •

وبما أن النجوم منتشرة عشوائيا فى الفضاء فلاحتمال كبير أن يبدو بعضها للناظر متراصا بدرجة ما فى اتجاه النظر بحيث يخال أنها قريبة من بعضها • وفى عام ١٧٦٧ حاول جيولوجى انجليزى يدعى جون ميتشيل (١٧٢٤ - ١٧٩٣) أن يبرهن أن عدد النجوم باللغة التقارب يفوق كثيرا أى توقع يستند الى مقولة التوزيع العشوائى ، ومن ثم خلص الى أن النجوم موجودة فى الواقع فى ثنائيات •

وفى عام ١٧٨٢ تجاسر جودريك وأعلن ، مستدلا برأى ميتشيل ، أن القول هو فى الواقع زوج من النجوم يدور كل منهما حول الآخر بحيث يحدث كل منهما خسوفا للآخر بشكل دورى • غير أن ذلك كان مجرد استنتاج وليس نتيجة مشاهدة واقعية •

أما وليم هيرشل (الذى وضع فيما بعد تصورا للشكل العام لجرتنا) فقد كان يجرى فى عام ١٧٨٠ دراسة عن النجوم القريبة جدا من

بعضها • وكان يبحث عن نجمين قريبين من بعضهما بالنسبة لخط البصر ولكن أحدهما قريب من الأرض والآخر بعيد عنها كي يقيس بارالاكس الأقرب مقارنة بالأبعد ومن ثم يحسب مسافة الأقرب الى الأرض •

ولكن بدلا من ضالته المنشودة اكتشف هيرشل في عديد من الحالات أن النجمين يدوران بشكل واضح حول بعضهما • وقد رصدهما بالفعل يدوران حول بعضهما • وإذا كان ثمة احتمال أن تبسdo النجوم العادية على هيئة مزدوجة نتيجة التوزيع العشوائي ، فإن ما اكتشفه هيرشل هو ثنائيات حقيقية كل نجم فيها قريب بالفعل من الآخر ، وقريب لدرجة أن كل منهما يقع في مجال جاذبية الآخر وكل منهما يدور حول مركز ثقل الثنائي •

ولقد كان يعتقد في بداية الأمر أن الثنائيات من النجوم نادرة الوجود ، ولكن كلما تعمق علماء الفلك في دراسة النجوم اكتشفوا المزيد من تلك الثنائيات • ويعتقد اليوم أن ما يناهز ٧٠٪ من النجوم الموجودة مكونة من ثنائيات أو من تجمعات أكثر تمقيدا • أما النجوم المفردة ، مثل شمسنا ، فهي تمثل أقلية •

لقد أفسح اكتشاف أول ثنائي المجال لآحراز تقدم كبير •

• وبينما كان بيسيل ، وهو أول من حدد بعد نجم عن الأرض ، يتابع تغير موقع النجم الشعري اليمانية تمهيدا لحساب مسافته لاحظ أن أسلوب تغير الموقع ليس من النمط المتوقع لقياس البارالاكس • فقد اكتشف أن النجم يتحرك في خط متعرج وفي اتجاه واحد • وبتحليل ذلك المسار المتعرج اتضح أن الشعري اليمانية يتحرك في مدار بيضاوى بسبب ما يتعرض له من قوة جاذبية أحد الاجرام السماوية القريبة ، ويتزواج ذلك المدار البيضاوى مع الخط المستقيم الذى يسلكه النجم بحركته الذاتية تنتج تلك التمرجات •

وأن يتعرض نجم مثل الشعري اليمانية لقوة جاذبية تجعله يتحرك فى مسار متعرج ملحوظ فهذا يعنى أننا بصدد قوة جاذبية هائلة ، لانتج الا عن نجم ، فما من شئ آخر له مثل هذه القوة • ولما لم ير بيسيل شيئا فى الموقع المفترض لذلك النجم ، فقد خلص فى عام ١٨٤٤ الى أن الشعري اليمانية هو نجم ثنائى أحد قرينيه « معتم » • واستنتج أن ذلك القرين صار غير مرئى بعد أن احترق ذاتيا وأصبح يسبح فى الفضاء كحطام لما كان عليه سالفا •

وفي عام ١٨٦٢ وبينما كان صانع تلسكوبات أمريكي يدعى
الفان جراهام كلارك (١٨٣٢ - ١٨٩٧) يختبر جهازا جديدا وهو يوجهه
صوب الشعرى اليمانية ليطمئن الى وضوح الصورة ، رأى الصورة
واضحة ولكنه لاحظ وجود نقطة ضوء بالقرب من النجم • شك كلارك في
البداية في أن ثمة عيبا في جهازه ، ففحص العدسات بدقة ووجدها
سليمة تماما •

وبدراسة تلك النقطة الضوئية تبين كلارك أنها في نفس الموقع الذي
افترض بيسيل أن « القرين المعتم » للشعرى اليمانية يحتله والذي
يسبب الحركة المتعرجة للنجم • وكانت النتيجة البديهية أن تلك النقطة
الضوئية هي ذلك القرين •

وتقدر شدة بريق ذلك القرين بـ ٨٫٤ درجة • فهو اذن ليس
معتما ولكن لم يكن ثمة ضير في أن يطلق عليه « القرين المعتم » للشعرى
اليمانية • أما اليوم فيطلق على النجم ذاته « الشعرى اليمانية أ » وعلى
قرينه المعتم أو المضعف « الشعرى اليمانية ب » •

وفي عام ١٨٩٣ اكتشف الفيزيائي الألماني ويلهلم فيين (١٨٦٤ -
١٩٢٨) إمكان تحديد درجة حرارة سطح نجم ما من خلال تفاصيل طيفه •
وفي ١٩١٥ درس عالم الفلك الأمريكي والتر سيدني ادمز (١٨٧٦ -
١٩٥٦) الطيف المضعف للشعرى اليمانية ب واكتشف أن درجة حرارة
سطحه عالية بشكل يثير الدهشة • فقد كانت أعلى من درجة حرارة
شمسنا وإن كان أقل من حرارة الشعرى اليمانية أ •

وإذا كان الشعرى اليمانية ب ملتهبا - ودرجة حرارة سطحه
عشرة آلاف درجة مئوية - فلا بد وأن تكون كل بقعة على سطحه على درجة
بريق تزيد على لمعان مثيلتها على سطح الشمس • لماذا اذن كان الشعرى
اليمانية ب معتما الى هذا الحد ؟ ليس من احتمال سوى أن يكون سطحه
بالغ الصغر • اذن فالنجم شديد البريق ولكن نظرا لصغر مساحة سطحه
اللامع فانه يبدو ضعيفا ككل •

ويعتقد اليوم أن قطر الشعرى اليمانية ب لا يتجاوز أحد عشر ألفا
ومائة كيلومتر (٦٩٠٠ ميل) أي انه يصغر الأرض قليلا حيث يبلغ قطرها
١٢٧٥٦ كيلومتر (٧٩٥٠ ميلا) •

غير أنه لا يعد ضئيلا الا في الحجم • فبسبب تأثير جاذبيته على
الشعرى اليمانية أ استنتج بيسيل انه موجود دون أن يراه • ولم يتغير
تقدير علماء الفلك لقوة جاذبية الشعرى اليمانية ب بعد ما اكتشفوا أنه

لا يزيد من حيث الحجم على كوكب صغير ، بل على العكس فقد حسبوا وزنه استنادا الى هذه القوة وتوصلوا الى أنه يعادل ١٠٥٠ مثل كتلة الشمس ، وكل هذه الكتلة مركزة في ذلك الحجم المنكمش الذي يقل عن حجم الأرض .

واذا كان متوسط كثافة الأرض (على افتراض أن الكتلة موزعة توزيعا منتظما) زهاء ٥٥٠٠ كيلوجرام للمتر المكعب ، فإن كثافة الشعري اليمانية ب تعادل ٥٣٠ ألف مثل هذا القدر .

وعلى ذلك ، فإن متوسط كثافة الشعري اليمانية ب تقدر بثلاثة بلايين كيلوجرام للمتر المكعب . وعلى سبيل المقارنة ، فلو أن قطعة معدنية من فئة ٢٥ سنتا أمريكيا صنعت من نفس مادة هذا النجم لكان وزنها ١٩٠٠ كجم (٤٢٠٠ رطل) .

غير أن كثافة الشعري اليمانية ، شأنها في ذلك شأن كل الاجرام السماوية بما فيها الأرض والشمس ، ليست منتظمة وتتراوح بين حد أدنى على السطح وحد أقصى في المركز حيث قد تصل الى ٣٣ بليون كجم للمتر المكعب .

وما أن اكتشف أن حجم الشعري اليمانية بهذه الضالة ، بات بديهيا أن كثافته تفوق كثيرا كثافة أى جسم على الأرض مهما بلغ من ثقله . ولو أن مثل هذا الكلام قد قيل قبل بضع سنين لبعث على السخرية . ولكن منذ أن توصل ادمز الى اكتشافه الجوهري عن درجة حرارة الشعري اليمانية صار مفهوما أن الذرة تتكون من نواة بالغة الثقل والصخر وتحيط بها الالكترونات تكاد تكون بلا وزن . ثم أفتى أدوينجتون في عام ١٩٢٤ بأن الذرات في أجسام مثل الشعري اليمانية ب تعرضت للدمار والانضغاط بحيث صارت الانوية متقاربة بشكل يفوق كثيرا مثيلاتها في الذرات السليمة .

ووفقا لهذا المنطق ، فإن المادة المكونة من ذرات مدمرة وأنوية مضغوطة الى بعضها تسمى مادة « متحللة » . وتبلغ الحرارة والضغط في جوف الشمس درجة بالغة تبعث على الاعتقاد بأن مركزها يحتوى على مادة « متحللة » ، أما نجم مثل الشعري اليمانية ب فهو مكون كله تقريبا من مثل تلك المادة . وتتوقف قوة جاذبية أى جسم عند سطحه على كتلة ذلك الجسم وعلى المسافة بين سطحه ومركزه (أى نصف قطره) . وعلى سبيل المثال فإن كتلة الشمس تعادل ٣٣٣٥٠٠ مثل كتلة الأرض . أما نصف قطرها فهو يعادل ١٠٩ر١ مثل نصف قطر الأرض أى أن بعد

السطح عن المركز في الشمس يعادل ١٠٩١ مرة ذلك البعد في الأرض .
وكما زاد البعد عن المركز قلت الجاذبية التي يتعرض لها المرء لو وقف
على السطح أو بمعنى آخر قل ثقله على السطح .

ولحساب قوة جاذبية الشمس لابد من قسمة كتلتها على مربع
نصف قطرها . وبالنسبة والتناسب فانها تساوى
 $\frac{333500}{2(1091)}$ أى حوالى ٢٨ مثل قوة جاذبية الأرض .

وفيما يتعلق بالشعري اليمانية ب فلا بد أن نتذكر أن كتلته تعادل
١٢٠٥ مثل كتلة الشمس ، أما نصف قطره فهو يساوى ٢٠٠٨ ر . مثل
نصف قطرها ، وبالنسبة والتناسب أيضا فان قوة الجاذبية على
سطح الشعري اليمانية ب تعادل $\frac{1205}{2(2008)} \times 28$ أى ٤٧٠ ألف مثل
الجاذبية على سطح الأرض .

وبما أن الشعري اليمانية ب بلغ من الحرارة درجة التوهج الأبيض
ومن الحجم هذه الضالة فانه يعد مثالا « للنجم الأبيض » . وبما انه يمثل
هذه الدرجة العالية من الكثافة مع هذا الحجم الضئيل فانه مثال « للنجم
المتقزم » أو « المتقزم الأبيض » .

وبناء على ما تقدم ، فلم يعد الشعري اليمانية ب وكل المتقزمات
البيضاء في « طورها الرئيسي » . وخلاصة القول أن النجم اذا كان في
طوره الرئيسي فان ما يحدث في جوفه من تفاعلات اندماجية يولد من
الحرارة ما يجعله متمددا . وما أن تتوقف تلك التفاعلات ، يزول سبب
التمدد وينقبض النجم تحت تأثير قوة جاذبيته ويتحول الى متقزم أبيض .

وبيلغ عدد المتقزمات البيضاء حوالى ١٥٪ من عدد النجوم في
المجرة . وهذا يعنى انه ربما تجاوز عدد تلك المتقزمات خمسة وأربعين
بليوناً في المجرة ، ونظرا لصغر حجمها فان برقيها على درجة من الضالة
بحيث لا يرى منها سوى تلك المتقزمات القريبة نسبيا الى الأرض . بل ان
الشعري اليمانية ب ، وهو أقرب متقزم أبيض للأرض ، ما كان ليرى
بدون تلسكوب حتى لو لم يكن هناك الضوء المبهر الذى يشعه الشعري
اليمانية أ القريب منه .

النجوم العملاقة الحمراء

يتضح الآن أن المتقزمات البيضاء تشكل مفتاحا رئيسيا في لفر ظهور النجوم المستجدة - ولكن ليست هي ذاتها حل اللغز وثمة نوع آخر من النجوم لابد أن نتعرض له ، نوع في غير « طوره الرئيسى » أيضا .

فى عام ١٩٠٥ وبينما كان عالم الفلك الدانمركى اينسار هرتز سبرونج (١٨٧٣ - ١٩٦٧) يدرس لأول مرة مسألة « الطور الرئيسى » للنجوم ، لاحظ أن هناك نوعية من النجوم الحمراء ، نوع ضعيف للغاية ونوع شديد البريق ولا وسط بينهما .

وعزى اللون الأحمر لذلك النوع من النجوم الى أن سطحه اما بارد أو على الأقل على درجة من الحرارة لاتزيد على درجة التوهج الأحمر ، بينما النجوم مثل شمسنا على درجة التوهج الأبيض . ولا تزيد درجة حرارة السطح فى النجوم الحمراء على ألفى درجة مئوية . وقد يتوقع المرء أن مثل تلك النجوم تشع قدرا ضئيلا نسبيا من الضوء لكل وحدة مساحة بحيث لو كانت فى مثل حجم الشمس أو أقل لبدت باهتة . ومن ثم فإن النجوم الحمراء الباهتة لا تبعث على الدهشة . ولكن بماذا اذن تفسر النجوم الحمراء شديدة البريق ؟

لو أن نجما باردا ظهر على درجة كبيرة من البريق ، فلا بد أنه استعاض عن ضعف كثافة ما يشعه من ضوء بأن تكون مساحته هائلة أى تفوق كثيرا مساحة الشمس . بمعنى آخر لابد وأن يكون قطر النجوم الحمراء الساطعة اكبر من قطر شمسنا بما قد يصل الى مائة مثل . وتسمى تلك النجوم بالنجوم العملاقة الحمراء ومن أمثلتها منكب الجوزاء وقلب العقرب .

وعندما اكتشفت مسألة الطور الرئيسى للنجوم ، كان واضحا أن النجوم العملاقة الحمراء لم تكن فى هذه المرحلة . وكان منطقيا أن يفترض أنها فى مرحلة الميلاد وأنها تزداد كثافة ببطء تحت تأثير مجال جاذبيتها الذاتى ، وأنها بالتالى تتقلص تدريجيا وتزداد حرارة وهى فى سبيلها الى أن تتحول الى الحجم والحرارة العاديين وتدخل مرحلة الطور الرئيسى .

الا أن ذلك الاعتقاد لم يعد مقبولا . فقد درس العلماء مجموعات النجوم التى يعتقد انها من نفس العمر ، فمن المرجح أن تكون النجوم قد تكونت فى مجموعات كل مجموعة فى توقيت واحد . وتبين لعلماء الفلك أن كل نجم فى المجموعة ماض فى طوره ولكن كلما زادت كتلة النجم زادت سرعة تطوره . ومن ثم قسموا النجوم بحسب كتلتها وأصبح

لديهم سلسلة من « النماذج » التي تبين مختلف مراحل التطور . والنجوم الأكبر كتلة هي النجوم العملاقة الحمراء . ويتضح من ذلك أن مثل تلك النجوم ، صحيح أنها ليست في مرحلة طورها الرئيسي ولكنها في طور متأخر من أطوار النجوم وليس طوراً مبكراً كما كان يعتقد سابقاً .

كيف إذن تتكون النجوم العملاقة الحمراء ؟

يسود الاعتقاد بأنه مع مرور ملايين السنين فإن الهيدروجين الموجود في جوف النجم ينفد ، أما الهيليوم الناتج عن عملية الاندماج وهو أكثر كثافة من الهيدروجين ، فإنه يتركز في جوف النجم ، وتستمر عملية اندماج ذرات الهيدروجين على محيط كرة الهيليوم النامية عند المركز . ولعلنا الآن نحول اهتمامنا نحو الهيليوم ذاته .

فيما أن الهيليوم يتكثف عند المركز فإن كرة الهيدروجين المحول الى هليوم تنقلص وتزداد كثافة وسخونة . ويتولد عن تلك العمليات كميات هائلة من الحرارة والضغط فتتبع بداية « الاندماج النووي لذرات الهيليوم » ، أي أن نويات الهيليوم تتحد وتكون نويات جديدة أكثر تعقيداً هي نويات الكربون والنيتروجين والأكسجين .

وتزود تلك العملية النجم بحرارة هائلة تضاف الى تلك الناجمة عن الطور العادي لاندماج ذرات الهيدروجين على محيط كرة الهيليوم . ونتيجة لذلك فإن الطبقات الخارجية للنجم تزداد لهيباً وتمتد بدرجة تفوق كثيراً تمتد النجم العادي الذي يعتمد كلية على الاندماج الهيدروجيني . وعند هذه المرحلة يمكن القول بأن النجم المتمدد يعيش طوره الرئيسي .

ومع تمدد الطبقات الخارجية فإن درجة حرارتها تقل الى درجة التوهج الأحمر غير أن التناقص في معدل الاشعاع الحراري لوحدة السطح يعوضه اضعافاً مضاعفاً لتمدد في سطح النجم . فلو أن قطر النجم زاد الى مائة مثل فإن مساحة سطحه تزيد بمقدار 100×100 أي عشرة آلاف مثل وبالتالي فإن اجمالي ما يشعه من حرارة ، رغم سطحه البارد نسبياً ، تفوق كثيراً ما يشعه قبل التضخم .

ولما كان مقدار الطاقة التي يولدها اندماج الهيليوم يقل كثيراً عن ذلك الناجم عن الاندماج الهيدروجيني فإن مخزون الهيليوم ينتهي في وقت يقل كثيراً عما لو كان هيدروجينياً . وربما تصاعدت عملية الاندماج النووي فتتحد الذرات الناجمة عن اندماج الهيليوم . ولكن كل ما ينتج من طاقة من جراء اندماج الهيليوم لا يتجاوز واحداً على عشرين مما تولده

عملية اندماج الهيدروجين - ويستمر النجم العملاق الأحمر يشع الحرارة بمعدل هائل .

وذلك يعنى أن مرحلة العملاق الأحمر فى عمر النجم لا تكون طويلة ، وإن بدت غير ذلك من وجهة نظر البشر ، اذ انها قد تستغرق مليوناً أو مليونى سنة . وذلك يبرر العدد الضئيل نسبياً لما يمكن أن نراه من نجوم عملاقة حمراء رغم انه يمكن رؤيتها على مسافات شحيحة ما لم تحجبها سحب الغبار ، ولا تتجاوز نسبتها واحداً فى المائة من النجوم فى مجرتنا ، أى ما يوازى ٢٥ بليون تقريباً . فضلاً عن اننا لا نرى سوى ما يقع منها فى ناحيتنا من المجرة . ومعظم النجوم اما لم تبلغ بعد مرحلة العملاق الأحمر أو تجاوزتها .

وتستمر عملية الاندماج النووى فى مركز النجم العملاق الأحمر الى أن يقل معدل ارتفاع الحرارة عن القدر اللازم لاتاحة مزيد من اندماجات متقدمة جديدة . وحتى فى حالة أكبر النجوم كتلة ، ورغم امكان استمرار ارتفاع الحرارة الى درجات هائلة ، فان سلسلة الاندماجات لاتستمر الى أبعد من تكون نواة الحديد . أى أن نواة الحديد هى علامة النهاية ولا طاقة تتولد بعد ذلك سواء انقسمت نواة الحديد الى نويات أصغر (فيما يسمى بالانشطار) أو اندمجت لتكون نويات أكبر . وبالطبع ، يحتاج الأمر فى كلتا الحالتين « امداداً » بالطاقة . ويمكن اعتبار نويات الحديد « الرماد » الأخير لما يجرى فى جوف النجوم من عمليات الاندماج النووى .

وسواء بلغت الحرارة داخل جوف النجم العملاق الأحمر درجة لاتتيح لكتلته الاستمرار فى تزويده بالطاقة أو استمرت سلسلة الاندماجات حتى تكونت نويات الحديد ، فالنهاية واحدة ، حيث يخمد الحريق النووى ولا شئ يمكن النجم من البقاء متمدداً ومن مقاومة قوة جاذبيته فينتهى به الأمر الى الانقباض . ويتم ذلك بسرعة بالغة .

وبانهيار النجم وانقباضه ترتفع درجة حرارته . وقد يتعرض ما تبقى من هيدروجين فى الطبقة الخارجية من النجم لقدر من الحرارة والضغط يتيح له الاندماج ومن ثم يحدث انفجار من شأنه أن يدفع الى الفضاء بحجم نجمية وبالتالى تتكون كرة من الغازات والغبار حول النجم وتتمدد فى الفضاء .

وبعض النجوم التى نراها تعيش تلك المرحلة وتظهر كأنها محاطة بحلقة من الدخان . ويمزى ذلك الى أن ضوء النجم يتخلل طبقات الغبار

الغاز في اتجاه النظر ومن ثم تبدو كرة الدخان أكثر وضوحا عند محيطها وبالتالي تظهر كمقطع حلقي يحيط بالنجم .

وتسمى سحابة الغبار والغاز الممتدة بين النجوم في الفضاء بالسديم . أما اذا كانت هذه السحابة على هيئة حلقة تحيط بنجم بحيث تشبه مدار كوكب فتسمى « سديم كوكبي » .

ويبلغ عدد حالات السديم الكوكبي المعروفة حوالى ألف أشهرها السديم الحلقي الموجود في برج القيثارة .

ويوجد في مركز السديم الكوكبي نجم شديد الحرارة الى درجة التوهج الأبيض المائل الى الأزرق (وهي درجة التوهج المتوقعة لمتقزم أبيض حديث التكون) . وتواصل اشعاعات النجم المتقزم دفع كرة الغاز الى الخارج فيزداد حجمها بينما يترقق سمكها ويقل بريقها الى أن تختفى وسط هالات الغاز والغبار المنتشرة في الفضاء . وبعد فترة تناهز مائة ألف عام لا يبقى من ذلك سوى متقزم أبيض بدون سديم حوله وهي المرحلة التي يعيشها الآن نجم الشعرى اليمانية ب .

وبما أن المتقزم الأبيض لا تحدث به أى تفاعلات اندماجية فليس له من مصدر للحرارة . ومن ثم تبدأ درجة حرارته فى الانخفاض ببطء شديد ومع مرور العصور يتحول الى متقزم معتم لا يشع من الضوء الا قدرا ضئيلا لا يرى . ولم يبلغ الكون بعد درجة من القدم بحيث يتكون عدد من المتقزمات المعتمة بل ربما لم يتكون أى منها بعد .

الثنائيات والانهار الانقباضى

والآن ، هل يبدو انه بوسعنا استنتاج ما يحدث عندما يتحول نجم الى نجم متجدد التالى ؟

عندما ينهار نجم عملاق أحمر وينقبض فان وميضاً يشع نتيجة تكثف الهيدروجين في طبقاته الخارجية فهل هذا الوميض هو الذى يمثل تجدد التالى ؟ ولما كان الانفجار المصاحب للانقباض يطلق غازات وغبارا فهل هذا هو ما نراه فى « نوبا فرساوى » و « نوبا عقابى » ؟

ان واقع الأمر يقول بغير ذلك . فقد أظهرت الدراسات التى أجريت على النجوم فى مرحلة ما قبل التحول (العدد الضئيل الذى تجدد تألقه) أنها لم تكن نجوما عملاقة حمراء . فضلا عن أنه بعد أفول النجم متجدد التالى وعودته الى حالته الأصلية « مرحلة ما بعد التجدد » لم يتحول

الى متقزم أبيض . ففي الحالتين ، قبل مرحلة تجدد التالى وبعدها بدا
النجم فى طوره الرئيسى ، يفوق الشمس بدرجة ما فى بريقه وسخونته .

ولحل ذلك اللغز فلنتذكر أن معظم النجوم تنتمى لنظم ثنائية .
وما دام الأمر كذلك فلعلنا نتساءل عما يحدث لو أن واحدا من الثنائى
انتهت مرحلة طوره الرئيسى وتمدد الى عملاق أحمر ثم انهيار وانقبض
وتحول الى متقزم أبيض بينما قرينه مازال فى طوره الرئيسى . .

أولا لابد وأن يكون جزءا النجم الثنائى قد تكونا فى نفس الوقت ،
غير أن أكبرهما كتلة هو الذى سينتهى بقاؤه فى مرحلة الطور الرئيسى
أسرع من قرينه وهو الذى سيتحول قبل الآخر الى متقزم أبيض .

لكن الشعري اليمانية ب ، وهو المتقزم الأبيض الذى نعرفه أكثر من
غيره ، يبدو مخالفا لذلك الاستنتاج . فهو لم يعد فى طوره الرئيسى
ووزنه ١٢٠٥ مثل كتلة الشمس بينما قرينه الشعري اليمانية أ مازال
فى طوره الرئيسى ويمادل ٢٥ مثل الشمس فى كتلته . فما هو تفسير
ذلك التعارض ؟

يقودنا التحليل المنطقى الى أن الشعري اليمانية ب كان الأكثر
كتلة فى بداية تكون الثنائى مما أفضى به الى التحول قبل قرينه الى
مرحلة العملاق الأحمر . وعندما انهيار ذلك العملاق الأحمر وانقبض
لفظ جزءا كبيرا من كتلته ، بحيث ان ما تبقى فى نهاية الأمر وتقلص
الى متقزم أبيض كانت كتلته أقل كثيرا من الكتلة الأصلية .

بل ربما يكون الشعري اليمانية أ قد اقتنص بقوة جاذبيته جانبا
كبيرا من الكتلة التى لفظها قرينه وبالتالى أصبح أكبر كتلة مما كان عليه
فى الأصل . (وذلك يعنى من ناحية أخرى أن عمر الشعري اليمانية أ
فى مرحلة الطور الرئيسى قد تناقص كثيرا) .

وليس ثمة ما يدل على أن نجما « نوبا » قد تكون فى الثنائى الشعري
اليمانية غير أن فكرة انتقال الكتلة من جزء الى جزء فى الثنائى تستقطب
الاهتمام .

ولقد تحقق الاكتشاف الرئيسى فيما يتعلق بالنجوم متجددة التالى
فى سنة ١٩٥٤ وهو الذى أفضى الى فهمنا الحال لهذه الظاهرة .

كانت مرحلة ما بعد « النوبا » موضع دراسة متأنية فى ذلك الوقت،
ومن بين ما تكشف من خصائص تلك النجوم أن عددا كبيرا منها كان
يبدو يشع وميضاً سريماً ضعيفاً لا يماثل على الإطلاق البريق المنتظم الذى
تشعه النجوم العادية . وكان علماء الفلك يسعون بالطبع الى رصد أى

شيء من شأنه أن يميز النجوم في مرحلة ما بعد النوبا عن النجوم العادية ، لذا بدأ ذلك الوميض مبعث أمل .

وكان النجم « نوبا جاني » ، أو بالأصح الذي انضم الى مجموعة النجوم النوبا اثر تجدد تألقه قبل عشرين سنة من هذا التاريخ وأطلق عليه بعد ذلك د.ق. جاني ، هو أحد النجوم تحت الملاحظة . وفي عام ١٩٥٤ لاحظ عالم الفلك الأمريكي ميرل ف. والكر أن ضوء النجم خبا بشكل واضح ومحدد لمدة ساعة دون أن يتوقف الوميض ثم عادت درجة البريق الى مستواها العادي . وبالمتابعة تبين أن تلك الظاهرة تتكرر بشكل دوري كل ٤ ساعات و ٣٩ دقيقة .

وبات واضحا أن د.ق. جاني هو ثنائي متوالى الخسوف ، شأنه في ذلك شأن الغول ، وهو ما لم يكن يتوقعه أحد . ويعزى عدم رصد تلك الخاصية في وقت سابق الى أن التغير ليس كبيرا وأن الفاصل الزمني من الضالة بحيث ما كان لأحد أن يتوقع مثل هذا التكرار السريع ومن ثم لم يسع أحد الى ملاحظته . وفي الواقع فإنه حين اتضح أن د.ق. جاني هو نجم ثنائي فقد تبين أنه يتميز بأقل زمن ترددي بين كل الثنائيات .

وذلك يعني أن نجمي الثنائي يدوران بسرعة غير عادية حول مركز ثقل مشترك وهذا يعني بالتالي انهما على مقربة شديدة من بعضهما . وتفيد أدق التقديرات حاليا بأن المسافة التي تفصل بين نجمي الثنائي د.ق. جاني لاتتجاوز ١٦ مليون كيلومتر (٩٠٠ ألف ميل) مقاسة من المركز الى المركز . واو كان كل من النجمين بحجم شمسنا لتلامسا .

هل كان ذلك مجرد صدفة ؟ وهل هناك علاقة بين كون د.ق. جاني ثنائيا بالغ التقارب وما حدث من تجدد تألقه قبل وقت قريب ؟

وللإجابة على تلك التساؤلات كان لابد من دراسة نجوم أخرى في مرحلة ما بعد تجدد التألق للوقوف على ما اذا كانت مكونة من ثنائيات بالغة التقارب . وقد اكتشف زميل لوالكر يدعى روبرت ب. كرافت أن سبعة نجوم من بين عشرة درسها في مرحلة ما بعد « النوبا » تتميز بدلائل تفيد بأنها ثنائيات بالغة التقارب .

وبالطبع فإنه ليتجاوز المنطق أن يعزى الى الصدفة وجود كل النظم الثنائية على هذه الدرجة من التقارب البالغ بين طرفيها بحيث يأتي واحد أمام الآخر فيسبب الخسوف . بل لقد اتضح أيضا من الدراسة المتأنية لمخطوط الطيف أن حتى من لم يكن لها أى مظاهر للخسوف من تلك الفئة من النجوم إنما هي ثنائيات متقاربة .

ولما كانت الثنائيات بالغة التقارب نادرة ، والنجوم النوبا أيضا نادرة فلا يمكن أن ينسب الى الصدفة وجود مثل هذه النسبة العالية من النجوم التي تجمع بين كونها نوبا وثنائية بالغة التقارب . لابد من وجود علاقة ما .

ثم اكتشف عامل آخر . فقد كان يعتقد أن النجوم بعد فترة تجدد تألقها تكون نجوما عادية في طورها الرئيسي ، الا أنه تبين من الدراسة الوثيقة للطيف أن كلا منها مقترن بنجم آخر صغير متوهج أبيض وما ذلك الا متقزم أبيض . بمعنى آخر فقد اتضح أن كل النجوم بعد مرحلة تجدد التألق تتمثل في ثنائيات بالغة القرب وأحد طرفيها متقزم أبيض .

وذلك يفسر ضالة التغير في البريق خلال الخسوف . فعندما يأتي المتقزم الأبيض أمام قرينه فانه في الواقع لا يحجب منه شيئا ولكن بريق الثنائي ككل يضعف قليلا عما لو لم يحجب أحدهما الآخر ، أما لو جاء القرين أمام المتقزم الأبيض فانه سيحجب نجما محدود البريق مهما كانت درجة توهجه الأبيض . وفي هذه الحالة أيضا فان التناقص في بريق الثنائي يكون ضعيفا .

ولقد كان هذا التآلف بين متقزم أبيض ونجم في طوره الرئيسي واندماجهما في ثنائي بالغ التقارب مبعث استنتاج علماء الفلك لما يحدث عندما يتجدد تألق نجم .

فالنجوم الثنائية بالغة التقارب تتكون في الأصل من نجمين في طورهما الرئيسي . وبمرور الوقت يتحول النجم الأكبر كتلة (أ) الى عملاق أحمر . وبأخذ العملاق الأحمر في التمدد الى أن يتضخم بدرجة تجعله يلامس قرينه (ب) مما يؤدي الى انتقال بعض من الطبقات الخارجية للنجم (أ) الى (ب) فيصبح (ب) أكبر كتلة ومن ثم يقل عمره مرحليا . ثم ينهار النجم (أ) وينقبض ويتحول الى متقزم أبيض بينما يواصل (ب) مشواره في طوره الرئيسي بعد أن اختصر .

ولا يمر وقت طويل (في عمر النجوم) حتى يبدأ النجم (ب) في تكثيف استهلاكه للوقود الاندماجي وفي التمدد . وقبل أن يتضخم الى حدود قصوى ويتحول الى عملاق أحمر كامل بادى الوضوح تقترب طبقاته الخارجية من المتقزم الأبيض (أ) بقدر يجعل بعضا من مادة النجم (ب) تتناثر في مجال جاذبية (أ) .

وتجدر الإشارة الى انه عندما انتقلت في المرة الأولى المادة من (أ) الى (ب) التجمت بالسطح لأن كلا منهما كان نجما عاديا . أما الآن فان

المادة المنفصلة عن (ب) لا تلتصق بسطح (أ) ، لأنه أصبح متقزما أبيض
بالخ الصففر ، ولكنها بدلا من ذلك تأخذ مدارا حول (أ) وتكون
« قرصا تراكميا » .

ويعزى ذلك الاسم الى أن جسيمات المادة الدائرة حول (أ) تتداخل
مع بعضها من جراء اصطدام جزيئاتها وذراتها ، فيحدث نوع من الاحتكاك
الداخلي يكون من نتيجته أن تفقد أجزاء منها قدرا من الطاقة فتفوق
صوب المتقزم الأبيض . ثم تتساقط تلك الأجزاء بطيئا وتتراكم على سطح
المتقزم الأبيض فتزداد كتلته (وتسمى تلك العملية ارتكاما أو تراكما) .

ورغم أن النجم (ب) قد نفذ الهيدروجين في جوفه ، وأنه يتمدد
فى سبيله الى التحول الى مرحلة العملاق الأحمر ، فإن طبقاته الخارجية ،
التي يتسرب بعض منها ، مازالت مكونة كليفة من الهيدروجين .
أما المتقزم الأبيض (أ) ، الذى لم يبق لديه سوى قدر ضئيل للغاية
من الهيدروجين حتى فى طبقاته الخارجية ، فإنه قد بدأ بذلك فى اكتساب
الهيدروجين من قرينه .

وتحت تأثير قوة الجاذبية الشديدة على سطح المتقزم الأبيض (أ)
فإن الهيدروجين الذى يصل الى سطحه يتعرض لانضغاط شديد ومن ثم
ترتفع درجة حرارته . ومع استمرار تراكم الهيدروجين تواصل درجة
الحرارة ارتفاعها بحيث تصل الى حد يتيح اندماج بعض نويات
الهيدروجين ، وبالتالي يزداد ارتفاع درجة الحرارة على سطح (أ) .

ومع استمرار تصاعد درجة حرارة الهيدروجين وسطح المتقزم (أ)
تصل السخونة الى درجة تتيح اندلاع عملية اندماج نووى هائلة فى
« القرص التراكمي » ، فتتصهر أجزاء كبيرة منه محدثة وميضاً هائلا
واشعاعات أخرى كما تدفع الطبقات العليا للقرص التراكمي الى مجال
جاذبية المتقزم الأبيض .

وليس ما نراه على الأرض من تجدد التالى ونطلق عليه اسم
« نوبا » سوى ذلك الوميض الهائل وليست سحابة الغبار والغاز التي
نراها منتشرة حول النجم فى مرحلة ما بعد « النوبا » سوى ذلك الجزء
الذى انفصل وانفصل عن القرص التراكمي .

وشينا فشيئا تخمد عملية الاندماج النووى وتبدأ درجة حرارة
المتقزم الأبيض فى الانخفاض تدريجيا على مدى فترة طويلة من الزمن .
ولكن مع استمرار تسرب الهيدروجين من النجم (ب) تتكرر الدورة
ويتكون مرة أخرى قرص تراكمي جديد يقترب ببطء من سطح

النجم (١) وهو مازال فى مرحلة التبريد • وتتواصل التفاعلات الى أن يحدث انفجار آخر • وبذلك تكرر عملية تجدد تالقي النجم عدة مرات قبل أن يستكمل النجم (ب) تمدده ويصبح مهينا للتحويل الى متقزم أبيض • (وقد رصدت نجوم ثنائية مكونة من أزواج من المتقزمت البيضاء - ومن الجائز الا يمر أى من المتقزمين بمرحلة تجدد التالقي اذا كانت المسافة بينهما كبيرة فذلك من شأنه أن يجعل كميات الهيدروجين المتسربة من واحد لآخر غير كافية لحدوث سلسلة التفاعلات المؤدية الى الانفجار) •

وبصفة عامة ، فان الانفجار الأول فى تلك السلسلة يكون الأشد بريقا ويسمى فى بعض الأحيان النوبا البكر • ولعل نوبا فرساوى وعقابى والدجاجة كانت كلها بكرا • وقد لا يحدث الانفجار الثانى قبل فترة تربو على مائتى ألف سنة ، ويكون أقل بريقا • ويستمر تناقص البريق كلما تكرر الحدث •

ويساهم المتقزم الأبيض ذاته فى شدة التفاعلات النووية • فهو يحتوى على سطحه على مواد ذات نويات ثقيلة - مثل الكربون والنيوتروجين والأكسجين - وقد تمتزج كميات صغيرة منها مع الهيدروجين القادم مما يجعل عملية الاندماج الهيدروجينى • ولو أن كمية النويات الثقيلة ، التى تمتزج مع الهيدروجين فاقت قدرا معينا فان سرعة الاندماج النووى فى هالة الهيدروجين تزداد بشكل كبير بما يجعل وميض لحظة الانفجار الأولى أكثر بريقا ثم يزيد بعد ذلك من معدل الأقول • اما اذا امتزجت نويات الكربون والنيوتروجين والأكسجين بكميات صغيرة نسبيا مع الهيدروجين فان معدل الاندماج النووى سيكون بطيئا ، ومن ثم يقل بريق لحظة الانفجار الأولى ، ويقل أيضا معدل انطفاء ذلك الوهج • وذلك يفسر وجود حالات تجدد تالقي سريعة وأخرى بطيئة •

يتضح من ذلك أن تجدد التالقي تفاعل يتطلب حدوثه مواصفات دقيقة لا تتوفر الا فى عدد محدود للغاية من النجوم فى مجرتنا • فلابد لحدوث تلك العملية من وجود نجم ثنائى ، يكون طرفاه على درجة كبيرة من التقارب •

ولا ينطبق ذلك تحديدا على شمسنا • فهى ليست طرفا فى نجم مزدوج شديد التقارب ، بل انها - على حد علمنا - ليست طرفا فى أى ثنائى آخر • ويتوقع للشمس بعد خمسة بلايين سنة أو يزيد أن تكون قد استنفدت قدرا وافيا من الهيدروجين وأن تبدأ عملية اندماج الهليوم ، وعندئذ ستبدأ مرحلة التحويل الى عملاق أحمر تمهيدا للانقباض بعد ذلك والتغير الى متقزم أبيض • غير أن ذلك سيحدث بشكل ذاتى بدون تدخل خارجى • بمعنى آخر لن تتحول أبدا الى نوبا •

انفجارات أعظم

ماذا بعد المجرة ؟

لم يقتصر حدث « النوبا » على الثنائيات شديدة التقارب المشتعلة على متقزم أبيض . فلقد تبين أن نحو واحد من ألف « نوبا » لا تنطبق عليه هذه المواصفات بل يخضع لظاهرة مختلفة تماما . وفهم تلك الظاهرة ، لابد لنا من توسيع نطاق نظرتنا للكون .

عندما توصل العلماء فى بداية الأمر الى أن النجوم الرئيسية فى السماء تنتمى الى تكوين ذى شكل ثابت وحجم محدد - وهو المجرة - سلم معظمهم بأن ذلك التكوين يشتمل على كل النجوم الكائنة أو معظمها . بمعنى آخر اعتبروا أن المجرة تشكل تقريبا كل الكون .

وكانت « السحب الماجلانية » هى الشيء الوحيد فى السماء التى يمكن أن يعتقد العلماء بوجودها خارج المجرة . وتقع هذه السحب فى الأغوار السحيقة من السماء الجنوبية وهى ليست مرئية من خطوط العرض الأوروبية .

ولقد كان أول من رأى هذه السحب ووصفها (فى عام ١٥٢٠) تلك المجموعة من الأوروبيين أعضاء بعثة فرديناند ماجلان الى الشرق الأقصى . وقد اتخذت البعثة طريقا غربيا لبلوغ هدفها فكانت بذلك أول مجموعة تتم دورة بحرية كاملة حول الأرض . ولتفادى الأمريكتين أبحرت البعثة الى أقصى الجنوب ومرت بما هو معروف الآن باسم مضيق ماجلان . ولقد أتاح الإبحار فى خطوط العرض الجنوبية القصوى هذه رؤية السحب الماجلانية فى الأغوار السحيقة من السماء .

وتتمثل السحب الماجلانية فى منطقتين من الضوء الخافت تبدوان كجزءين منفصلين عن درب اللبانة ، بل لعلهما بسبب ذلك الانفصال لا ينتميان للمجرة التى يشكل درب اللبانة طوقها الخارجى .

وبمرور الوقت تبين أن السحب المجلانية ، شأنها في ذلك شأن
درب اللبانة ، تشتمل على عدد كبير من النجوم ذات البريق الضعيف
للفاية . وفي الثلاثينات من القرن العشرين اتضح أن المنطقة الكبرى من
السحب المجلانية تبعد عن الأرض بمقدار خمسمائة وسبع وأربعين ألف
فرسخ بينما تبعد المنطقة الصغرى خمسمائة وخمسين ألف فرسخ .
أى أن كليهما تبعدان كثيرا عن حدود مجرتنا .

وتبين أيضا أن كليهما تفلان كثيرا من حيث الحجم عن مجرتنا .
فبينما تشتمل المجرة على ٢٥٠ بليون نجم ، يقدر عدد نجوم المنطقة
الكبرى من السحب المجلانية بنحو عشرة بلايين والمنطقة الصغرى
بما لا يزيد على بليونين .

ويمكن اعتبار منطقتي السحب المجلانية مجرتين صغرتين تابعتين
لمجرتنا كالكواكب ويمكن الآن تمييزهما عن الاكوان الأخرى المشابهة
مثل مجرة « درب اللبانة » . وقد يقول البعض ان منطقتي السحب
المجلانية قد انفصلتا بشكل ما وأنهما تكونان مع مجرة درب اللبانة
نظاما ذا قوة جاذبية تربط بين أقطابه ، على غرار نظام الأرض والقمر
اذ يعتبران وحدة واحدة .

ويبحث ذلك على التساؤل ، هل هناك شئ خارج النظام المشترك
بين درب اللبانة والسحب المجلانية ؟

لقد اعتقد البعض من علماء الفلك خلال القرن التاسع عشر بأن
ثمة شيئا ما موجودا بالفعل خارج ذلك النظام . وفي الواقع كان هناك
شئ واحد يبعث على الاعتقاد بأنه نجم وان لم يبد كذلك .

والواقع أن كل ما يسبح في السماء ليس بالضرورة نجما أو جرما
ضعيف البريق مثل ما يشتمل عليه درب اللبانة أو السحب المجلانية
المتشكلة في تكديس من النجوم . فبعض ما نراه في السماء ينتمى الى
كائنات مختلفة تماما .

وعلى سبيل المثال ، فقد رصد عالم الفلك الهولنسى كريستيان
هيجنز (١٦٢٩ - ١٦٩٥) في عام ١٦٩٤ شيئا مسطحا غير واضح
المعالم . ووصفه بأنه يبدو للعين المجردة كأنه النجم الأوسط من النجوم
الثلاثة التى تشكل سيف الصياد العملاق فى الصورة التى يمثّلها
واسعو الخيال لبرج الجوزاء . أما من خلال التلسكوب فقد بدا هذا الشئ
كمنطقة ضباب ساطع يحيط بنجوم نصف معتمّة .

ولقد تبين فيما بعد صحة ما طرح وقتها من تصور لهذا الشئ .
فقد كان سديا أو سحابة ضخمة من الغبار والغازات تضيؤها النجوم
المتألّنة التى تتخللها . وقد سميت « سديم الجوزاء » ويبلغ عرضها

حسبها هو معروف الآن تسسمة فراسخ وتبعد عن الأرض مسافة خمسمائة فرسخ . وبالمقاييس الأرضية يمكن وصفها بأنها سحابة رقيقة صافية تتميز بقاء لا يتوفر في أى فراغ يجهز مصليا . غير أن النجوم التي تتخلل السحابة تبدو معتمة نتيجة لما يتراكم في اتجاه النظر من جسيمات متناثرة على نطاق واسع .

وثمة سحب براقعة أخرى يتسم كثير منها بقدر كبير من الجمال سواء من حيث الشكل أو اللون . وهي ليست مقصورة في المجرة فحسب ، ففي منطقة السحب الماجلانية الكبرى يوجد « سديم العنكبوت » وهو أكبر كثيرا من سديم الجوزاء .

وهناك كذلك أنواع معتمة من السديم . فقد لاحظ وليم هرتشل لدى دراسته دوب اللبنة عن كذب أن ثمة مناطق خالية أو شبه خالية من النجوم . وقد قنع من الأمر بظاهره واعتبر أن تلك المناطق لا تحتوى نجوما وأن موقع الأرض بالنسبة لها لا يتيح سوى رؤية مناطق خالية كما لو كان المرء ينظر في نفق ، ووصف تلك المناطق بأنها « ثقب في السماوات » .

ومع مرور الوقت تزايد رصد مثل تلك المناطق المعتمة حتى بلغ عددها ١٨٢ منطقة في عام ١٩١٩ . وسرعان ما بدا أن مثل هذا العدد من الثقوب في المجرة المزدحمة وكلها في اتجاه الأرض أمر غير منطقي ولا بد له من تفسير آخر . وفي العقد الأخير من القرن الثامن عشر فسر كل من عالم الفلك الأمريكي ادوارد أمرسون برنارد (١٨٥٧ - ١٩٢٣) والألماني ماكسيميليان فولف (١٨٦٣ - ١٩٣٢) ، كل على حدة ، تلك المناطق بأنها مناطق سديم ولكنها - على عكس سديم الجوزاء وما شابه - لا تضوى لأنها لا تحتوى على نجوم ينعكس ضوؤها على ذرات الغبار والجسيمات .

وما كانت مناطق السديم المعتم هذه لترى لولا أنها تقع على خط البصر مع النجوم الواقعة وراءها على مسافات سحيقة مما يؤدي الى تكون ظلال معتمة غير منتظمة والى حجب ضوء النجوم .

ولم تكن تلك السدم ، سواء المعتم التي لا تحتوى على نجوم أو الساطعة المشتعلة على نجوم ، هي كل ما يمكن رؤيته من سدم في السماء . فقد كانت هناك سدم لا تنتمي الى أى من الفئتين وتشكل الغازات مستعصية على الفهم ، وأشهر تلك السدم وأكثرها بريقا ، بل والوحيد الذي يمكن رؤيته بالعين المجردة ، هو ذلك الذى رصده عدد من الفلكيين

العرب فى برج اندروميديا « المرأة المسلسلة » وهو يبدو « كنجم » ضعيف غير محدد المعالم وذى يريق من الدرجة الرابعة .

وكان أول من رصد ذلك السديم بالتلسكوب فى عام ١٦١١ هو عالم الفلك الألمانى سسيمون ماريوس (١٥٧٣ - ١٦٢٤) ، لذا عادة ما ينسب اليه اكتشاف ما سمي فيما بعد « بسديم اندروميديا » .

أما عالم الفلك الفرنسى شارل ميسييه (١٧٣٠ - ١٨١٧) فقد كان « سيادا » متعظبا للمذنبات وقد كانت آنذاك تشكل ظاهرة مؤقتة فهي تظهر ، وتغير موقعها بالنسبة للنجوم ثم لا تلبث أن تختفى . وفى عام ١٧٨١ أصدر ميسييه قائمة بأشياء مبهمة رصدها فى السماء لا تنتمى الى فئة المذنبات ، ولكنها دائمة الوجود وفى موقع ثابت . وقد قصد بذلك تبصرة غيره من الباحثين عن المذنبات خشية أن يصابوا بالاحباط نتيجة اعتقاد خاطئ بأن تلك الأشياء مذنبات ، وقد جاء سديم اندروميديا الحادى والثلاثين فى تلك القائمة ومن ثم يطلق عليه فى بعض الأحيان اسم « م ٣١ » .

ولقد كان سديم اندروميديا يبعث على الحيرة ، اذ لم يكن معتما ، بل كان ساطعا . ولم يكن ثمة سبب لهذا الضوء حيث لم يكن يحتوى فيما يبدو على نجوم يعزى اليها البريق . ولقد كان من الأمور الغريبة آنذاك وجود سحابة من الغبار والغازات مضيئة بغير نجوم .

وتتضمن قائمة ميسييه أمثلة أخرى لرقع صغيرة من الضباب المضى بغير نجوم . وقد أوضح علماء الفلك مثل هرتشل أن بعض تلك الرقع الساطعة ان هى الا نجوم والبعض الآخر تجمعات كثيفة مستديرة من النجوم . غير أن عددا محدودا مما ورد فى قائمة ميسييه ظل بلا تفسير .

ومن المسلم به أن ما يمكن التوصل اليه من تفسير لسديم اندروميديا ينسحب على السدم الأخرى الأقل حجما وشأنا ، فالسؤال المطروح اذن ، ما هو سديم اندروميديا ؟

وقبل نهاية القرن الثامن عشر كان هناك تفسيران مختلفان تمام الاختلاف .

يقول التفسير الأول ان سديم اندروميديا - شأنه شأن درب اللبانة أو السحب المجلانية - يتكون من نجوم وليس غبارا لكن السبب فى عدم رؤيتها يعزى الى ضعف ضوءها .

وبما أن التلسكوبات المتطورة آنذاك ، والتي أتاحت تحليل الضباب في درب اللبانة والسحب الماجلانية الى حشود ضخمة من النجوم الباهتة ، لم تمكن الفلكيين من رصد النجوم المزعومة في سديم اندروميديا ، فلا تفسير - لو صح الافتراض المتقدم - الا أن يكون ضوء تلك النجوم ضعيفا للغاية لاسيما وأنه حتى باستخدام أرقى ما وصل اليه العلم الحديث من تلسكوبات ، ظل ذلك السديم ضبابيا .

وفي اطار ذلك التفسير يفترض الراى الأقرب الى المنطق أن سديم اندروميديا على درجة من البعد السحيق تتجاوز قدرة التلسكوبات على رصد نجومه . فمثل تلك المسافات تجعل ضوء هذه النجوم يبدو أضعف كثيرا من تلك الكائنة في الفلك الأقرب كدرب اللبانة والسحب الماجلانية . وإذا كان سديم اندروميديا على هذا البعد ومع ذلك يرى بالعين المجردة فلا مناص من انه سحابة ضخمة فائقة من النجوم .

كانت تلك وجهة نظر الفيلسوف الألماني ايمانويل كانت (١٧٢٤ - ١٨٠٤) الذي أثار في عام ١٧٥٥ فكرة وجود « جزر كونية » . ولقد كان بديهيا ، بعد التوصل الى فهم المجرة ، افتراض أن تلك الجزر الكونية ما هي الا مجرات أخرى بعيدة .

ولقد كان كانت بهذا الفكر سابقا لعصره ، فما كان أحد من العلماء آنذاك ، وعلى مدى قرن ونصف بعد ذلك ، على استعداد لأن يذهب بفكره الى أبعد من مجرتنا وأن يتخيل وجود مجرات عديدة أخرى . أما التفسير الثاني ، وقد كان أقل خيالا وبالتالي أقرب الى التصديق ، فيرجع الى عالم الفلك الفرنسي بيير سيمون دى لابلاس (١٧٤٩ - ١٨٢٧) وطرحه في عام ١٧٩٨ . يقول ان النظام الشمسى في بدايته كان دوامة سحب ضخمة من الغبار والغازات أخذت تتكثف ببطء ومع تطور العملية لفظت حلقات أصغر من الغبار والغازات تكونت منها الكواكب فيما بعد . ومع تكثف السحب ترتفع درجة حرارة جوفها بدرجة تكفى لأن تضيء وتضفى البريق على كل مناطق الغبار والغازات المكونة للكواكب . ولما كانت المناطق الخارجية من السحب قد تحولت الى كواكب فقد تكونت الشمس من المنطقة الجوفية .

وكان كانت قد طرح تصورا مماثلا في نفس الكتاب الذى تحدث فيه عن الجزر الكونية . غير أن لابلاس كان أكثر تفصيلا وذهب الى انه يمكن اعتبار سديم اندروميديا مثالا لنظام كوكبى في مرحلة التكون . ويعنى ذلك الراى أن سديم اندروميديا هو بالفعل سحابة غبار وغازات ،

لكن يكمن في مركزها نجم في مستهل بريقه ومن ثم مازال غير مرئي
وان كان مصدر اضاءة السديم كله .

ولقد سميت نظرية لابلاس « بالافتراض السديمي » نظرا لاستخدامه
سديم اندروميذا كمثال .

واذا كانت وجهة نظر لابلاس صحيحة ، فلا بد ان يكون سديم
اندروميذا - بوصفه نظاما كوكبيا قائما بذاته - قريبا نسبيا ليظهر
بما هو عليه من ضخامة وبالتالي فلا بد ان يكون جزءا من المجرة .

وخلال القرن التاسع عشر ظلت نظرية لابلاس الرأي الوحيد
المقبول بصفة عامة . ونادرا ما كان أحد من علماء الفلك يؤيد وجهة
نظر كانت « Kant » .

غير انه مع تطور التلسكوبات في القرن التاسع عشر ، اخذ طابع
التفرد الذي كان يحظى به سديم اندروميذا في التضاؤل ، حيث ظهر
عدد لا بأس به من السدم المضيئة بلا أثر لنجوم .

وقد أبدى عالم الفلك الايرلندي الكونت وليم بارسونز (١٨٠٠ -
١٨٦٧) اهتماما خاصا بهذه السدم حتى انه صنع أكبر تلسكوب على
مستوى العالم في ذلك الحين لاستخدامه في أبحاثه . الا ان ذلك
التلسكوب كان قليل الفائدة لأن الأحوال الجوية في ولايته كانت بالغة
السوء فكان يجد صعوبة كبيرة في عمله . ومع ذلك كانت الفرصة
تواتيه بين وقت وآخر لدراسة السدم . وقد لاحظ في عام ١٨٤٥ أن عددا
منها يتخذ شكلا حلزونيا متميزا كما لو كانت دوامات ضوئية بالغة
الصرر تدور في الفضاء المعتم .

وكان أكثرها لفتا للنظر ذلك السديم المعروف باسم « م ٥١ » وهو
الذي يحتل الترتيب الحادي والخمسين في قائمة ميسييه . وسرعان
ما سمي « بالسديم الدوامة » . وبدأ علماء الفلك يتحدثون عن « السدم
الحلزونية » بعد أن خرجت من دائرة الكائنات غير المألوفة في السماء .

وقد اتخذت سدم أخرى شكلا بيضاويا دون أثر لوجود تفسرعات
حلزونية ولذا سميت « السدم البيضاوية » . وكانت السدم الحلزونية
والبيضاوية مختلفة اختلافا بينا عن سدم مثل ذلك الموجود في برج
الجوزاء وكان على هيئة شعيرات وذات شكل غير منتظم .

وكان التطور التكنولوجي قد أتاح في النصف الثاني من القرن
التاسع عشر التقاط صور لأجسام في السماء حتى وان كانت باهتة .

كانت آلة التصوير تثبت في التلسكوب المجهز بحيث يتحرك آليا لمعادلة تأثير دوران الأرض حول محورها وبذلك يمكن التقاط صور بمدة تعريض طويلة .

وفي التسعينات من القرن التاسع عشر تمكن أحد الهواة من سكان ويلز بانجلترا ويدعى اسحق روبرتس (١٨٢٩ - ١٩٠٤) من التقاط عدد كبير من الصور للسدم . وقد اكتسب ذلك أهمية كبرى ، فبواسطة الكاميرا يمكن بشكل ملموس رصد وتسجيل التكوينات الدقيقة لهذه الكائنات . ولم يعد علماء الفلك يعملون كليا على حنكة المراقبين - التي لا تسلم أحيانا من الشك - وهم يجتهدون في رسم ما يرونه .

وقد تمكن روبرتس في عام ١٨٨٨ من أن يبين أن سديم اندروميديا حلزوني الشكل . ولم يكن أحد قبله قد أشار الى ذلك لأن سديم اندروميديا كان يبدو أقرب للشكل الانسيابي قياسا بالسديم الدامة « م ٥١ » . فقد كان التكوين المماثل للشكل الحلزوني المميز في « م ٥١ » مائلا للعتامة في سديم اندروميديا .

وأوضح روبرتس انه لو التقطت صور للسدم بصفة دورية على مدى سنوات لأمكن ملاحظة تغيرات طفيفة في موقعها بالنسبة للنجوم المحيطة بما قد يستدل منه على أن السديم يدور بسرعة قابلة للقياس . وذلك في حد ذاته يبين بما لا يدع مجالا للشك أن السديم كائن ذو حجم محدود نسبيا ومن ثم فهو قريب نسبيا . ولكن لو أن كائنات بضخامة وبعد الجزر الكونية ، وفقا لنظرية « كانت » ، تدور ، لاستغرقت دورتها الواحدة ملايين السنين ولما أمكن - على مدى فترة بحث معقولة - رصد أى تغير ملموس . وفي عام ١٨٩٩ أعلن روبرتس أن ما التقطه من صور لسديم اندروميديا توضح فعلا تغيرات تبين حركته الدورانية . . وكان ذلك يبدو صحيحا .

ومن ناحية أخرى فقد أمكن في عام ١٨٩٩ ولأول مرة التقاط طيف سديم اندروميديا وتحليله . واتضح انه يماثل الى حد كبير أطياف النجوم بصفة عامة . أما سحب الغبار والغازات من قبيل سديم الجوزاء فكانت أطيافها مختلفة تماما حيث تتكون في المعتاد من خطوط ساطعة منفصلة متميزة اللون . وهذا يعني أن سديم الجوزاء وما شابهه ذو ألوان رقيقة بينما سديم اندروميديا وأمثاله تتسم باللون الأبيض ومن ثم سميت في بعض الأحيان بالسدم البيضاء .

وتتفق نتيجة التحليل الطيفي لسديم اندروميديا مع نظرية لابلاس وتنمashi مع المنطق يفرض أن السديم كان بالفعل نجما في مرحلة

التكوين • وفي عام ١٩٠٩ أعلن عالم الفلك الانجليزى وليام هوجينز (١٨٢٤ - ١٩١٠) أن أبحاثه أثبتت أن سديم اندروميديا هو نظام كوكبى فى مرحلة متقدمة من التطور •

ولا مجال للاختلاف فى ذلك •

غير أن مشكلة طرات قرب نهاية ذلك القرن واستعصت على الحل • الأمر اذن يتضمن جديدا أو نوفا حسبما اصطلح عليه •

اس اندروميدي

فى العشرين من أغسطس عام ١٨٨٥ اكتشف عالم الفلك الألمانى أرنست هارتويج (١٨٥١ - ١٩٢٣) نجما فى المناطق المركزية لسديم اندروميديا • وكانت تلك المرة الأولى التى يرصد فيها نجم له علاقة بالسديم •

ومن الجائز أن يكون بعض العلماء قد ذهبوا فى الأصل الى أن النظام الكوكبى النامى - المتمثل حسب اعتقادهم فى سديم اندروميديا - قد بلغ أخيرا ذروته ، فلم تكن المنطقة المركزية للسديم متوهجة فحسب ، بل أصبحت مشتعلة وتحولت الى شمس مكتملة التكوين • ولو كان الأمر كذلك لظل النجم متوهجا ولأصبح وجوده دائما فى السماء • • غير أن الواقع جاء مخالفا • فقد بدأ النجم يخبو ببطء وانتهى به الحال الى الاختفاء فى مارس ١٨٨٦ • اذن ، فلقد كان ذلك نجما نوفا لا يرقى اليه شك • نوفا اندروميديا • ولقد عرف منذ ذلك الحين باسم « اس اندروميدي » ، وهو الاسم الذى سنستخدمه لذلك النجم •

ولكن كيف يتسنى وجود نجم نوفا فى سديم اندروميديا ؟ يمكن أن تحدث ظاهرة النوفا مع نجم منفرد فى مرحلة النمو وقبل أن يكتمل تكونه ؟ وإذا كان الأمر كذلك ، كيف يتسنى أن يبقى سديم اندروميديا على حاله بلا أدنى تغير مرئى بعد أفول النجم النوفا ؟

ومن ذا الذى كان يوسعه وقتها أن يقول ان ذلك النجم النوفا ينتمى فى الواقع الى سديم اندروميديا ؟ ما كان ليقال فى ذلك الحين الا انه ربما رصد على نفس خط الرؤية مع السديم ، ولما كان السديم مضيئا وعلى مسافة كبيرة خلف النجم النوفا فلا بد وانه قد تأثر بظلاله •

ولكن سواء كان اس اندروميدي ينتمى للسديم أو لا فانه كان يفتقر الى خصائص النوفا • فلقد كان ضوءه شديد الضعف قياسا بالنجوم

النوفا الأخرى رغم قلة ما كان قد رصد منها حتى ذلك الحين . فلم تتجاوز شدة ضوءه ٧.٢ درجة حتى وهو في أوجه ولذلك لم يكن يسرى بالعين المجردة . لم يكن اذن بذلك النجم الذى ما أن يراه أحد لدى خروجه من منزله فيقف محملا مشدوها ومتمتعا « يا الهى !! أنجم جديد !! شئ لا يصدق عقل » على نحو ما فعل تيكو قبل ثلاثة قرون من ذلك التاريخ .

وقليل من تمكنوا من رصد اس اندروميدي بأجهزتهم . بل ربما ما لاحظوه لولا أنه سطع في منطقة ضباب لا معالم لها في قلب سديم اندروميديا حيث لم ير أحد قبل ذلك أثرا ولو ضعيفا لأى نجم .

وقد التقطت صور لسديم اندروميدي وكشفت عن وجود نوفا ساطع بداخله غير أنه لم يتوصل أحد الى التقاط طيف له ، فلم يكن من السهل فى ذلك الحين التقاط طيف لاجرام باهتة . ولا شك أن اس اندروميدي بزوجه السريع ثم أقوله البطيء يمثل ظاهرة نوفا بعينها ، ولكن يبقى سؤال . . لماذا كان على هذه الدرجة من الضعف ؟

وربما بدا ذلك السؤال ثانويا ، فمن النجوم النوفا ما كان شديد البريق في ذروته مثل ذلك الذى رصده تيكو ومنها ما كان يخطئه الفلكيون لشدة ضعفه مثل نوفا هند الذى رصد فى عام ١٨٤٨ ولم يتجاوز بريقه الدرجة الرابعة . فحالات النوفا اذن كانت متفاوتة البريق بشكل كبير ، وما نوفا اندروميدي الا أحد هذه النوفات ولكنه أقلهم قدرة على جذب الانتباه .

ولما كانت أسباب تكون النجوم النوفا وطبيعتها غير معروفة بعد ، كان من المقبول القول بأن مسألة تحول نجم الى نوفا انما ترتفع بدرجة بريق ذلك النجم . فلو كان النجم شديد الاضاءة كان توهجه عند التحول الى نوفا خلافا ، ولو كان متوسط الاضاءة لقلت درجة توهجه ، أما لو كان شديد الضعف فربما لا ترصده العين المجردة حتى وهو في أوجه .

وهكذا انتهى أمر اس اندروميدي . . ظهر ، ثم اختفى ثم توارى فى عالم النسيان .

وظل الأمر على حاله حتى عام ١٩٠١ . فى هذا العام ظهر نوفا فرساوى ، وسطع لفترة قصيرة بشدة بريق من الدرجة الصفيرة . وبدراسة ما بدا من اشعاع الضوء فى حلقة الغبار المحيطة به تمكن علماء الفلك من حساب بعد ذلك النوفا . فقد قاسوا السرعة المرئية لانتشار ضوء النجم . وبمقارنتها بالسرعة الحقيقية المعروفة لم يكن من العسير

حساب البعد الذى يفترض أن يكون عليه ذلك النجم من الأرض . ووفقا لذلك الحساب فان نوبا فرساوى يقع على بعد ٣٠ فرسخا من الأرض .

وتلك مسافة لاتعتبر جد بعيدة بالنسبة لنجم ، فاذا كان ثمة آلاف من النجوم على مسافة أقرب الى الأرض فهناك بلايين على مسافات أبعد . ولذلك فقد تبادر الى الأذهان أن السبب الوحيد لبريق نوبا فرساوى بهذه الدرجة انما يعزى الى قربه من الأرض .

ولعلنا نتساءل الآن هل كل النجوم النوبا تتساوى بدرجة أو أخرى فى مستوى بريقها - أى لها نفس القيمة المطلقة لشدة الاضاءة - ولكنها تتفاوت فى درجة بريقها المرئى بسبب تباین بعدها عن الأرض ؟

وعلى سبيل المثال ، لو افترضنا أن السبب الوحيد لعدم تجاوز بريق النوبا اس اندروميدى درجة ٧٫٢ يعزى الى انه أبعد عن الأرض من نوبا فرساوى ، فهذا يعنى انه لو كان النجمان على نفس الدرجة من التوهج فى ذروتيهما فلا بد أن يكون اس اندروميدى على بعد ٥٠٠ فرسخ ليكون بريقه المرئى على هذه الدرجة من الضعف .

وذاك يعنى أيضا أن سديم اندروميديا يقع على بعد ٥٠٠ فرسخ بفرض أن اس اندروميدى ينتمى اليه . بل لو أن النوبا يقع فى مقدمة السديم فان بعد سديم اندروميديا عن الأرض سيزيد على ٥٠٠ فرسخ وربما زاد كثيرا على ذلك الرقم .

وحتى لو لم يزد بعد سديم اندروميديا على ٥٠٠ فرسخ فلا يمكن أن يكون بذلك مجرد نظام كوكبى واحد فى مرحلة التكون . فما من نظام كوكبى منفرد يظهر بمثل ذلك الحجم وهو على هذه المسافة .

وقد رفض علماء الفلك ذلك التحليل الذى يقوم أساسا على افتراض أن نوبا فرساوى واس اندروميدى لهما فى ذروتيهما نفس شدة الاضاءة ، وكان الأقرب الى القبول أن يقال انهما فى ذروتيهما على درجة مختلفة من شدة الاضاءة وأن ضعف بريق اس اندروميدى قياسا بنوبا فرساوى ليس ضعفا ظاهريا وانما هو ضعيف بالفعل ، وعلى ذلك فمن الجائز أن يكون اس اندروميدى وبالتالى سديم اندروميديا على مسافة تقبل كثيرا عن ٥٠٠ فرسخ .

وفى هذه الحالة يمكن المضى فى الاتجاه القائل بأن سديم اندروميديا هو نظام كوكبى تحت التشكيل .

مجرة أندروميديا

غير أن عالم الفلك الأمريكي هيبير دوسست كورتيس (١٨٧٢ - ١٩٤٢) لم يتقبل ذلك المخرج المستسهل . ولنفترض أن اس أندروميديا كان على مسافة كبيرة من الأرض وأن سديم أندروميديا يقع على بعد يفوق ١٠ آلاف من تقديرات ، بل يربو كثيرا على تلك الأرقام . . أليس من الجائز أن يكون سديم أندروميديا على درجة من البعد بحيث يصح ما طرحه كانت قبل قرن ونصف من أن ذلك السديم ان هو الا جزيرة كونية - أو بمعنى آخر مجرة مستقلة من النجوم على بعد كبير خارج مجرتنا ؟ .

لو صح ذلك ، فانه يعنى أن سديم أندروميديا يشتمل بالتأكيد على أعداد غفيرة جدا جدا من النجوم ذات البريق الضعيف جدا جدا . ومن الوارد أيضا فى هذه الحالة حدوث ظواهر نوبا من وقت لآخر بين تلك النجوم . وإذا لم تكن قدرة التلسكوبات فى ذلك الحين تتيح اكتشاف النجوم بمراحلها المختلفة فى سديم أندروميديا ، فقد كان من السهل أن يرصد بالتلسكوب أى نجم يشتد بريقه خلال مرحلة النوبا مثلما حدث مع اس أندروميدي .

ولقد تمكن كورتيس ، اعتبارا من ١٩١٧ ، من اكتشاف نجوم نوبا أخرى فى سديم أندروميديا ، بل وعشرات منها . ولم يكن ثمة مجال للشك فى انها نجوم نوبا ، فلقد كانت تظهر ثم تختفى لتظهر غيرها وتختفى وهكذا .

وقد تميز ذلك الحشد من النجوم النوبا بسمتين مهمتين . . الأولى تتمثل فى كونه حشدا ، فلم يكن مألوا أن يظهر مثل هذا العدد الكبير من النوبا فى بقعة واحدة فى أى جزء آخر من السماء .

وذلك يعنى انه ما كان لمثل ذلك العدد من النجوم النوبا أن يظهر فى هذا الاتجاه من السماء دون أن يكون له علاقة بسديم تصادف انه يقع خلفها . لو كان الأمر كذلك لبرز سؤال ، لماذا تظهر مثل تلك الاعداد فى اتجاه واحد بعينه ؟ ان القول بأن وقوع تجمع واحد لنجوم نوبا فى نفس الاتجاه مع سديم أندروميديا ، دون وجود علاقة ملموسة بينهما ، انما يعزى الى الصدفة هو قول يتجاوز المنطق . ومن هذا المنطلق شعر كورتيس بأنه على صواب اذ يفترض أن هذه النجوم النوبا تقع فى اطار السديم .

ولكن لماذا هذا العدد الكبير من النوبا ؟ ولم لا . . فاذا كان سديم أندروميديا جزيرة كونية ومجرة مستقلة فلم لاتشتمل على عدد من النجوم

يضارع ما هو كائن في مجرتنا • وبالتسالى فمن الوارد أن تحدث في
أطرافها اعداد من ظواهر النوا في بقدر ما تشهده مجرتنا التي تملأ ببقية
السماء حتى وان كانت تلك النوا تبدو لنا مجرد بقع ضوئية صغيرة

وفي الواقع ، فالأرجح أن يربو عدد النوا في سديم اندروميديا على
ذلك الذي ينتمى لمجرتنا فقد لاحظ كورتيس وجود بقع معتمة حول حدود
سديم اندروميديا • ولو صح أن ذلك السديم هو مجرة ، فمن المحتمل
أن تكون تلك البقع امتدادات شاسعة من السديم المعتمة ومن سحب
الغازات والغبار التي تحجب ما وراءها من نجوم •

وأصل مجرتنا تشهده نفس الظاهرة ، اذ علاوة على البقع المعتمة
الصغيرة في درب اللبانة ، ربما كانت هناك رقع مظلمة أكبر كثيرا ولكنها
مجهولة (وقد تبين فيما بعد صحة ذلك الاحتمال) ، وتحجب عنا تماما
عديدا من المناطق النجمية العريضة في مجرتنا • ومن بين هذه الحشود
الهائلة من النجوم المخفية (والتي قد يربو عددها كثيرا عما نراه)
التي نتوقع حدوث الكثير من ظواهر النوا سنويا ولكن تحجبها سحب
الغبار ؟• اما فيما يخص سديم اندروميديا فربما أتاح موقعنا الجانبي
أن نرى الى أبعد من سحب الغبار فيتكشف لنا معظم نجومه النوا •

وأيا كان الأمر ، فالواقع أن عدد النوا المرئية في سديم اندروميديا
يزيد على ما يرى في بقية السماء •

أما السمة الثانية المميزة لظواهر النوا في ذلك السديم فهي
ضعف برقيها المتناهي • فلقد كانت ترى بصعوبة بالغة حتى وهي في
أوجها ومهما بلغ من قوة التلسكوب المستخدم •

وإذا كانت النوا في سديم اندروميديا تماثل تلك المعروفة في
مجرتنا - مثل نوا فرساوي - فلا بد بالقياس أن تظهر بمثل هذا الضعف
المتناهي لبعدها الشاسع عن الأرض • وذلك التحليل يتفق مع القول بأن
سديم اندروميديا هو مجرة مستقلة •

وقد بلغ من اقتناع كورتيس بذلك المنطق انه أصبح يتصدر علماء
الفلك المدافعين عن فكرة وجود الجزر الكونية •

غير أن طريقه لم يكن ممهدا سهلا • فقد ظل تقبل أفكاره صعبا
لا سيما بعد أن ظهرت فيما يبدو دلائل تقيد بأن سديم اندروميديا
هو جرم قريب من الأرض • كان عالم الفلك الأمريكي الهولندي الأصل
أديان فان مانن (١٨٨٤ - ١٩٤٦) قد اهتم بصفة خاصة بقياس
التحركات الدقيقة للأجرام السماوية بما فيها عدد من السدم الحلزونية •

قد جاءت أبحاث فان مانن متفقة مع ما لا حظه روبرتس من قبل من أن
سديم اندروميديا يدور بمعدل يمكن قياسه . وأشار فان مانن الى أن
سديم اندروميديا لم يكن الوحيد في ذلك ، فثمة سديم حلزونية أخرى
تدور بمعدلات قابلة للقياس .

ولقد ثبت الآن أن نتائج فان مانن كانت خاطئة لعدة أسباب .
فقد كانت التغيرات التي يقيسها في مواقع الاجرام السماوية تأتي بالكاد
في الحدود القصوى لقدرة أجهزته حيث يقل مستوى الدقة نسبيا ومن
ثم تأثرت قراءاته سواء بسبب أى خطأ طفيف في تلك الأجهزة
أو بسبب يقينه الراسخ بوجود معدل ملموس للدوران .

ولما كان فان مانن يتمتع بصفة عامة بسمعة ممتازة ، هو جدير بها ،
فقد مال الناس الى تصديقه ، وما دام سديم أندروميديا يتحرك بشكل
لموس ، فلا بد وأن يكون قريبا ، بغض النظر عن الدراسات غير
اليقينية التي تفيد بوجود حشود غير مرئية من النجوم النوا .

وكان عالم الفلك الأمريكى هارلو شيبلى (١٨٨٥ - ١٩٧٢) أحد
المشاركين في ذلك الجدل العلمى . وكان قد لجأ الى طريقة جديدة
لقياس المسافات ، استحدثها عام ١٩١٢ فلكى أمريكى آخر يدعى
هنريتا سوان لافيت (١٨٦٨ - ١٩٢١) وتستخدم هذه الطريقة
النجوم المتغيرة المعروفة باسم « المتغيرات القيفاوية » . وقد أثبت شيبلى
بهذه الطريقة أن المركز الفعلى لمجرتنا يبعد كثيرا عن النظام الشمسى وأن
الأرض تقع على الحدود الخارجية للمجرة . ويعد شيبلى أول من حدد
ما يعتقد الآن بأنه الحجم الحقيقى للمجرة ، حيث لم تات تقديراته خاطئة
كتقديرات سابقه ، وان بدت في أول الأمر مبالغا فيها الى حد ما ،
كما يعد أول من حدد بعد السحب المجلانية .

ولعله يبدو ، بعدما انتقل شيبلى بالمسافات فى اطار المجرة وبالتالى
خارجها الى آفاق جديدة غير مسبوقه ، أن لديه استعدادا لتخيل وجود
أشياء أكثر بعدا عن الأرض ، ولكن ما كان منه الا أن تقبل نتائج فان مانن
وقد كان صديقا حميما له بل أصبح المدافع الأول عن نظرية الكون
المحدودة ، ذلك الكون الذى يقتصر فى نظره على المجرة والسحب
المجلانية ، أما السدم البيضاء المختلفة فما هى الا توابع لتلك الاكوان .

وفى السادس والعشرين من ابريل ١٩٢٠ جرت مناظرة علنية
واسعة النطاق بين كورتيس وشيبلى شهدها جمع غفير فى الاكاديمية
الوطنية للعلوم . ورغم أن شيبلى كان أكثر شهرة ويمثل وجهة نظر
الغالبية من علماء الفلك ، فان كورتيس جذب الأنظار بشدة حيث

شكل ما رصده من نجوم نوبا بأعدادها وضعف نورها أدلة قوية عززت نظريته .

واذا كانت المناظرة قد انتهت فى الواقع بما يمكن وصفه بتشبيـه كل منهما برأيه ، فإن ما سجله كورتيس من تفوق تجاوز التوقع وشكل نصرا منويا مبهرًا . وأقضى ذلك الى تولد رأى متنام (لا سيما فى ظل ما بدا من تأخر فى ادراك طبيعة ما يجرى فى الكون) مؤداه أن الغلبة فى المناظرة كانت من نصيب كورتيس .

ولم تسفر المناظرة عن آراء حاسمة الا انها حولت نظر العديد من علماء الفلك نحو نظرية الجزر الكونية . وأصبح الأمر يحتاج الى دليل جديد - سواء فى هذا الاتجاه أو ذاك - المهم أن يكون دليلا قويا دافعا .

وقد أتى بهذا الدليل عالم الفلك الأمريكى ادوين باول هوبل (١٨٨٩ - ١٩٥٣) . كان باول قد حاز تلسكوبا جديدا عملاقا يبلغ قطر عدسته مائة بوصة وله مدى رؤية يفوق أى تلسكوب فى العالم فى ذلك الحين ، وبدأ فى استخدامه عام ١٩١٩ . وفى عام ١٩٢٢ بدأ هوبل فى التقاط صور ذات زمن تعريض طويل لسديم اندروميـدا وما يماثله من اكوان .

وفى الخامس من اكتوبر ١٩٢٣ اكتشف هوبل فى احدى صوره وجود نجم على الحدود الخارجية لسديم اندروميـدا . وبمراقبة ذلك النجم يوما بيوم تبين انه ليس نوبا ولكن ينتمى لفئة المتغيرات القيفاوية . ومع نهاية عام ١٩٢٤ كان هوبل قد اكتشف فى ذلك السديم ٣٦ نجما متغيرا شديدة الضعف منها اثنا عشر من المتغيرات القيفاوية . كما اكتشف ثلاثة وستين نجما نوبا فى سديم أندروميـدا على درجة كبيرة من الشبه بالنجوم التى رصدها كورتيس سابقا .

فهل يعقل أن تكون كل هذه النجوم مستقلة عن سديم اندروميـدا وتقع بالمصادفة فى نفس الاتجاه ؟ كلا . . ومثلما فصل كورتيس ، رأى هوبل انه من غير المنطقى أن يعزى الى الصدفة وجود مثل هذا العدد من المتغيرات القيفاوية شديدة الضعف والمنتشرة على امتداد خط النظر مع سديم اندروميـدا ، ولا يوجد فى نفس الوقت عدد مماثل فى أى منطقة أخرى مماثلة من السماء .

وشعر هوبل انه رصد النجوم المكونة لسديم اندروميـدا وهو انجاز لم يسبقه اليه أحد من علماء الفلك . ويمزى ذلك الانجاز الى التلسكوب الفائق القدرة الذى استخدمه .

ولم يعد ثمة مجال للمكابرة • فما أن تبين أن مكونات سديم اندروميديا من النجوم (وان كان مارصد منها هو القليل الأكثر اضاءة ولكن ذلك كان كافيا) حتي وئدت الى الابد النظرية القائلة بأن السديم كون قريب وانه نظام كوكبي في سبيله الى التكون •

وذهب هويل الى أبعد من ذلك ، فما أن اكتشف وجود نجوم قيفاوية في سديم اندروميديا حتي استخدم طريقة شيبلي لحساب مسافتها . وأظهرت حساباته أن السديم يبعد مائتين وثلاثين ألف فرسخ أى خمسة أمثال بعد السحب الماغلانية • أى أن سديم اندروميديا بعيد تماما عن مجرتنا ، ومن الواضح أيضا أن له كل مقومات المجرة •

وعقب ذلك الاكتشاف سميت مختلف السدم البيضاء « بسدم ما بعد المجرة » • غير أن لفظ سديم سرعان ما سقط اذ أصبح في غير موضعه وباتت هذه الاكوان تسمى مجرات وصار سديم اندروميديا يعرف « بمجرة اندروميديا » واستمر ذلك الاسم الى يومنا هذا • وقياسا بذلك تحول اسم السديم الدوامة الى « المجرة الدوامة » وهلم جرا •

واذ أثبت هويل في عام ١٩٣٥ خطأ نتائج فان مانن المتعلقة بدوران مختلف المجرات بمعدلات قابلة للقياس ، يكون بذلك قد دق المسمار الأخير في نعش نظرية الكون المحدود •

أما السدم البيضاء الأخرى التي تبدو أقل حجما وبريقا من اندروميديا فكلها مجرات تقع أبعد من اندروميديا ، بل أبعد كثيرا ، لقد بات الآن واضحا أن الكون يعتبر تجمعا هائلا من المجرات وليس درب اللبانة الا واحدة منها •

وفي الواقع ، فلقد جاء تقدير هويل لبعد مجرة اندروميديا (وبالتالي كل المجرات الأكثر بعدا) أقل من الحقيقة • ففي عام ١٩٤٢ أثبت عالم الفلك الأمريكى الألمانى الأصل والتر بادى (١٨٩٣ - ١٩٦٠) أن هناك نوعين من المتغيرات القيفاوية ولايد من استخدامهما بطريقتين مختلفتين لحساب المسافات الكونية ، وقد تصادف أن جاء صحيحا النوع الذى استخدمه شيبلي فى تحديد حجم مجرتنا ومسافة السحب الماغلانية •

غير أن ذلك النوع لم يكن يلائم حساب بعد مجرة اندروميديا - ولم يكن النوع الآخر قد عرف بعد - ومن ثم جاءت تقديراته خاطئة • وبتصحيحها تبين أن مجرة اندروميديا تبعد عن الأرض مسافة سبعمائة ألف فرسخ أى ١٤ مثل بعد السحب الماغلانية •

التجديدات العظمى (سوبر نوبا)

ان كل حل ينير مجموعة جديدة من الألفاظ . فما أن اقتنع العلماء بأن حالة الضباب في اندروميديا ان هي الا مجرة تقع على بعد سحيق ، أصبح لا مفر من اعادة النظر في النجم النوبا اس اندروميدي الذي لم يستلقت الانتباه كثيرا لدى اكتشافه في ١٨٨٥ .

لقد قلنا آنفا لو أن اس اندروميدي له نفس بريق نوبا فرساوى فلا بد أن يكون على مسافة ٥٠٠ فرسخ من الأرض ، وفي هذه الحالة لن تزيد شدة اضاءته في ذروتها عن الدرجة السابعة . ولكن ماذا سيكون من أمره لو انه على بعد يماثل بعد مجرة اندروميديا حسبما هو معروف الآن ؟

لو ان مجرة اندروميديا تقع على بعد ٢٣٠ ألف فرسخ حسب تقدير هوبل في البداية ، لكانت شدة اضاءة اس اندروميدي نحو مائتي ألف مثل بريق نوبا فرساوى حتى يقدر ضوءه من هذا البعد بالدرجة السابقة . اما بعدما عرف اليوم من أن المجرة تبعد ٧٠٠ ألف فرسخ فترتفع هذه النسبة الى مليوني مثل شدة اضاءة نوبا فرساوى في ذروته ونحو ٢٠ بليون (مليار) مثل شدة اضاءة شمسنا .

وعلى مبلخ علمنا اليوم ، فان كتلة مجرة اندروميديا تقدر بضعف كتلة مجرتنا ، أو تعادل كتلة مائتي بليون نجم مثل شمسنا . وربما بلغت شدة اضاءة المجرة ككل مقدار ما يشعه مائة بليون نجم مثل شمسنا (مع افتراض أن معظم نجوم المجرة تقل كثيرا في بريقها عن الشمس) . واذا كانت شدة اضاءة اس اندروميدي في ذروته تعادل ٢٠ بليون مثل بريق الشمس ، فهو يشع اذن ٥/١ مما تشعه المجرة كلها من ضوء .

ولو أن الأمر كذلك فليس منطقيا أن نعتبر اس اندروميدي مجرد نوبا آخر . فان مقدار ما يشعه من ضوء يتجاوز مليون مثل بريق أى نوبا عادية بل ربما مليوني مثل .

ولقد أثارت هذه الأرقام تحفظ معظم علماء الفلك . بل ان من المعارضين المتشددين لنظرية الكون الفسيح من دفع بأن مجرة اندروميديا لا يمكن أن تكون مجرة بعيدة والا كان اس اندروميديا ساطعا بدرجة يستحيل تقبلها .

أما من هم أقل تشددا فقد تمثل موقفهم في أن النجوم النوبا بالغة الضعف التي رصدها كورتيس وهوبل تنتمى بالفصل لمجرة اندروميديا ولكن اس اندروميدي ليس منهم ، فقد قالوا انه يقع على بعد يقل كثيرا عن جزء من ألف من بعد المجرة ، أى انه يبعد مسافة الخمسمائة فرسخ المحسوبة من قبل وذلك يبرر بريقه بدرجة تفوق كثيرا النجوم

نوبا الأخرى فى اندروميديا • كل ما هنالك انه يقع فى اتجاه المجرة •
ليس من الشطط أن يعزى الى الصدفة وجود نجسم واحد على هذه
درجة من البريق •

غير أن هويل رفض تماما ذلك الرأى وأصر بشدة على موقفه بأن
س اندروميديا إنما ينتمى لمجرة اندروميديا وأنه نوبا على درجة فائقة
من البريق •

كيف لنا إذن أن نعرف الحقيقة ؟

فى اطار السعى لمعرفة الحقيقة وحصل ذلك للفرز فكر عالم الفلك
السويسرى فريتز زويكى (١٨٩٨ - ١٩٧٤) على النحو التالى : نفرض
أن اس اندروميديا يشع بالفعل قدرا فائقا من الضوء • ولما كانت الحياة
قد علمت الانسان أن خروج الظواهر المألوفة عن سنتها يعد مسألة
نادرة ، وكلما شذ الحث وبعد عن ناموسه ازداد ندرة • فلا بد إذن
أن تكون ظاهرة اس اندروميديا جد نادرة • ومن ثم فإن البحث فى مجرة
اندروميديا عن نوبا آخر من قبيل اس اندروميديا يعد اهدارا للوقت •
ولكن بالنظر الى عدد المجرات التى تم اكتشافها ، فليس من النادر اطلاقا
وجود نجوم نوبا تنسم آحاد منها ببريق فائق • ومن ناحية أخرى فإذا كان
مثل ذلك النوبا يسطح بقدر ما لكل المجرة التى ينتمى اليها من بريق ،
فليست ثمة صعوبة فى رصده • وعلى ذلك ، فإن أى مجرة ، مهما كانت
بعيدة ولكن مرصودة ، تحتوى على نوبا من قبيل اس اندروميديا ،
يمكن بالتالى رصد ذلك النوبا •

وفى الواقع فمئذ أن اكتشف اس اندروميديا تم رصده ٢١ نوبا
سواء داخل ما كان يسمى بالمجرات أو على مقربة منها • وكان ضوء تلك
النجوم النوبا فى العادة ضعيفا بدرجة تحول دون رصدها بالعين المجردة
(وهى سمة النجوم النوبا الواقعة فى مجرات بعيدة) وبالتالي لم تحظ
بالقدر الكافى من الدراسة • وقد بدأ لزويكى أن تلك النجوم النوبا هى
ضالته المنشودة •

وفى عام ١٩٣٤ - أى قبل خمسين سنة فقط من تأليف هذا الكتاب -
شرع زويكى فى اجراء مسح للسماء بحثا عما أسماه المتجددات العظمى
أو « سوبر نوبا » وهو أول من استخدم ذلك الاصطلاح • وقد ركز
عدساته على تجمع ضخم للمجرات فى برج العذراء • وبحلول ١٩٣٨ كان
قد رصد ما لا يقل عن ١٢ سوبر نوبا فى تلك المجرات • وكل واحد من
هذه السوبر نوبا كان فى ذروته يسطح بدرجة تعادل بريق المجرة ككل ،
وكانت أيضا شدة اضاءته تعادل البلايين من مثل نور شمسنا •

فهل يمكن للاننى عشر سوبر نوبا كلها أن تكون من قبيل خداع

النظر ؟ هل يمكن أن تكون مجرد نجوم نوبا قريبة نسبيا وتقع كلها بالصدفة في اتجاه واحدة أو أخرى من مجرات برج العذراء ؟ أن مثل تلك الصدفة الخارقة لا تتفق بالمرّة لا مع المنطق ولا مع الحسابات . ومن هذا المنطلق بدأ علماء الفلك يقتنعون بأن تلك النجوم النوبا تقع بالفعل داخل المجرات التي تبدو تخطيط بها وكأنها سوبر نوبا .

وسرعان ما اكتشف زويكي وغيره مزيدا من السوبر نوبا في الأعوام التالية . ويبلغ عدد ما رصد منها حتى الآن نحو ٤٠٠ في مختلف المجرات .

وبحصر اعداد السوبر نوبا التي اكتشفت ، استخلصت بعض النتائج المنطقية التي تفيد بأن ظاهرة النجم السوبر نوبا تتكرر في المتوسط كل خمسين سنة في المجرة الواحدة . أى أن نجما سوبر نوبا واحدا يتولد كل ١٢٥٠ حالة نجم نوبا .

أما الآن فتفيد التقديرات بأنه على مدى ثلاثمائة مليون فرسخ ثمة مائة مليون مجرة تغطيها التلسكوبات ، ومن ثم صار بالإمكان رصد أى نجم سوبر نوبا بمجرد ظهوره . ولو أن كل مجرة شهدت مولد سوبر نوبا مرة كل خمسين سنة لصار المعدل العام في كل المجرات المرئية انفجار سوبر نوبا كل ١٥ ثانية !

ومما يبعث على الأسف انه ليس بوسعنا رصد كل هذه السوبر نوبا . فمنها ما تحجبه سحب الغبار الضخمة في كل مجرة ، ومنها ما يتعرض للخسوف نتيجة تراكم نجوم أخرى أقل اضاءة على خط النظر أمامها ، ومنها أيضا ما يمضى دون ملاحظتها فليس هناك بالطبع العدد الكافي من علماء الفلك كى يراقبوا عن كثب المائة مليون مجرة المعروفة . وعلى أية حال فقد تم رصد ٤٠٠ سوبر نوبا في المجرات الأخرى على مدى الخمسين سنة الماضية ، أى بمعدل سوبر نوبا كل ستة أسابيع ونصف في المتوسط .

ومن الواضح أن النجوم السوبر نوبا تمثل أجساما تفوق الخيال وتتسم بطابع انفجارى صاعق . وبهذا المقياس ، لو أن شمسنا سوبر نوبا لشهدت لحظة وصولها الى ذروتها تبخر كل الكواكب في النظام الشمسى .

أما رجل الجبار ، الذى لا يتجاوز بعده عن الأرض ١٢٣ فرسخا ، فلو أنه كان سوبر نوبا لأضاء سماءنا ليلا ونهارا بتور يعادل فى ذروته ١٥٥٠٠ مثل نور القمر أو حوالى جزء من ثلاثين من نور الشمس .

ولنا أن نقدر مدى شغف علماء الفلك لدراسة أدق التفاصيل لشيء من قبيل السوبر نوبا وان كان اضطرابهم لدراسة نجوم فى مجرات أخرى تبعد سبعمائة ألف فرسخ أو يزيد ليبعث على الاحباط .

و بينما لا يمتنى أى عاقل أن يحدث انفجار سوبر نوبا على مسافة
كبيرة ، فليس من الشطط التفكير فى وجود سوبر نوبا فى سبيله الى
انفجار فى اطار مجرتنا أى على بعد مسافة سبعمائة فرسخ بدلا من
سبعمائة ألف أو يزيد .

واذ تتكرر الانفجارات السوبر نوبا فى مجرات بعينها بمعدل
انفجار كل خمسين سنة أو نحو ذلك ، فبالتأكيد شهدت مجرة درب اللبانة
عددا منها فى الماضى .

وهذا صحيح . فبالرجوع الى الماضى بنظرة من يريد الاثام بما فاته
من وقائع ، يبدو واضحا أن مجرة درب اللبانة شهدت بلا شك أربعة
انفجارات سوبر نوبا على الأقل على مدى ألف السنة المنصرمة .

السوبر نوبا الأول هو ذلك النوبا الذى وقع فى برج لوبوس
سنة ١٠٠٦ وكان بريقه يعادل عشر بريق اليدر . وربما كان أسطح
النجوم النوبا فى السماء على مدى عمر الانسان على الأرض . أما الثانى
فهو النوبا الذى ظهر فى قنطورس عام ١٠٥٤ ، ثم ذلك الذى رصده تيكو
فى ١٥٧٢ والنزى رصده كبلر سنة ١٦٠٤ .

ولكن هل ثمة أربعة فقط ؟ بالقياس الى معدل التكرار بواقع مرة كل
خمسين سنة تكون مجرتنا قد شهدت مالا يقل عن عشرين سوبر نوبا .
وثمة مشكلة تكمن فى انه ليس بوسعنا حتى الآن رؤية مجرتنا
بأكملها ، فنحن لانرى سوى ذلك الجزء الأقرب إلينا . ولعلنا نقدر أن
يقتصر معدل تكرار هذه الظاهرة فى ذلك الجزء المرئى على مرة واحدة
كل ٢٥٠ سنة . وعلى سبيل المثال ، ثمة دلالات ، سسنعاد تناولها
فيما بعد ، تفيد بأن انفجارا سوبر نوبا وقع عام ١٦٧٠ غير انه لم يرد فى
التاريخ أن أحدا قد رصده . فلا بد إذن أن تكون سحب الغبار قد
حجبت ضوءه .

وثمة نقطة ضعف أخرى . . فإذا كان عدد ما رصد فى سمائنا من
السوبر نوبا التى شهدتها مجرة درب اللبانة على مدى الألف سنة الماضية
هو أربعة فقط . . فإى شئ يبرر حدوث السوبر نوبا الرابع والأخير
فى عام ١٦٠٤ ؟ علما بأن الانسان اخترع التلسكوب بعد خمس سنوات
من هذا التاريخ !

أما أقرب سوبر نوبا رصد منذ عام ١٦٠٤ فقد كان اس اندروميدى
الذى يبعد عن الأرض سبعمائة ألف فرسخ . لقد رصده بالتلسكوب
والتقطت له الصور ولكن لم تتم دراسة طيفه . ثم وعلى مدى قرن بعد
اكتشاف اس اندروميدى لم ير أحد سوبر نوبا أقرب منه .

وذلك أمر سيئ للغاية !

متقدمات أكثر تقزما

مسديم السرطان

لما كان السوبر نوفا انفجارا مروعا فمن غير المعقول الا يترك أثرا .
فلا بد لنجم سطع لفترة وجيزة بدرجة تعادل ضوء مجرة كاملة من النجوم
أن يخلف رمادا . . وهذه هي الحقيقة فعلا .

وبما أن السوبر نوفا لم يكتشف وجوده سوى في الثلاثينات من
القرن العشرين ، فلا شك أن التعرف على طبيعة ذلك الرمد لم يتم بين
يوم وليلة ، ولعله قد تم فيما مضى رصد رمد من هذا القبيل دون
معرفة حقيقته .

ويجدر في هذا السياق الإشارة الى أن عالم الفلك الانجليزي
جون بيفيس (١٦٩٣ - ١٧٧١) كان أول من رصد في عام ١٧٣١ حالة
صغيرة غامضة في برج الثور تبدو كالزغب .

وقد لاحظ أيضا ميسييه ، صائد المذنبات ، وجود تلك الهالة
وأدرجها ضمن قائمة الأشياء الغريبة التي نبه أقرانه اليها لتجنب الوقوع
في خطأ اعتبارها مذنبات . وقد وضعها ميسييه على رأس قائمته ولذلك
يرمز اليها في بعض الأحيان بالرمز « م ١ » .

وكان لورد روس أول من درس م ١ بالتفصيل في سنة ١٨٤٤ .
وقد استعان بتلسكوب كبير كان قد شرع في استخدامه لبحث ما تتصف به
بعض المجرات البعيدة من طبيعة حلزونية . ولم يكن روس يعتبر م ١
مجرد كتلة من الزغب حيث أتاح له التلسكوب أن يراها بشكل أوضح ،
فبدت كهالة من الغازات المتلاطمة لا توحى سوى انها آثار انفجار عنيف .
وكانت تتفرع من حالة انغاز اشعاعات متناثرة غير منتظمة بدت في نظر

روس كارجل سرطان البحر . ولذلك فقد أطلق على م اسم « سديم السرطان » وبقي ذلك الاسم .

ولقد بدأت الأنظار تتجه بشدة تجاه سديم السرطان لأنه كان فريدا من نوعه في السماء . ولا شيء يمكن أن يضاهيه في الوضوح إلا موجة انفجارية متنامية . وبدأ علماء الفلك في التقاط صور لذلك السديم . وهذا يعني أنه أصبح بالإمكان مقارنة الصصور التي التقطت على مدى أعوام .

وكان أول من لجأ الى أسلوب المقارنة عالم الفلك الأمريكي جون تشارلز دونكان (١٨٨٢ - ١٩٦٧) . فقد عبد في عام ١٩٢١ الى مقارنة صورة التقطها حديثا لسديم السرطان مع صورة كان قد التقطها له في عام ١٩٠٩ أمريكي آخر يدعى جورج ويليس ريتشي (١٨٦٤ - ١٩٤٥) مستخدما نفس التلسكوب . وقد لاحظ دونكان أن سديم السرطان بدا أكبر حجما في الصورة الحديثة ، أي انه يتمدد فيما يبدو .

ولو كان ذلك صحيحا ، فثمة احتمال راجح بأن هذا السديم هو بقايا نوبا ، بل نوبا كبير الحجم بالنظر الى كمية الغبار والغازات . ثم التقط دونكان صورة أخرى للسديم في عام ١٩٣٨ فأكدت ذلك الاستنتاج بشكل قاطع .

وما أن أعلن لأول مرة في عام ١٩٢١ عن تمدد السديم حتى استنتج هوبل (وقد كان على وشك اكتشاف طبيعة تكوين مجرة اندروميديا) أن م ١ هي الموجة الانفجارية الناجمة عن نوبا ١٠٥٤ وما زالت تتمدد . وقد استند في استنتاجه الى نتائج دونكان فضلا عن موقع سديم السرطان في برج الثور وهو موقع قريب من ذلك الذي رصد فيه الصينيون « النجم الضيف » .

وربما كان ذلك صحيحا ، ولكن ما السبيل الى اثبات ذلك ؟

لقد أمكن بقياس معدل تمدد السديم حساب الزمن المنصرم منذ أن كانت كل تلك الهالة من الغبار والغازات مجرد نقطة ضوء ضعيفة . وذلك مؤشر يبعث علماء الفلك على البحث عن نجم انفجر في ذلك الحين بالقرب من سديم السرطان . وقد أظهر الحساب أن الانفجار وقع منذ نحو ٩٠٠ عام .

واذ يتطابق ذلك الرقم مع عام ١٠٥٤ ، وهو العام الذي شهِد ظهور النوبا الساطع في برج الثور ، أجمع علماء الفلك في العالم على قبوله التطابق بين سديم السرطان ونوبا ١٠٥٤ .

وبدراسة معدل تحرك الخطوط المعتمة في طيف سديم السرطان
 أمكن ، بالمقارنة مع المعدل الظاهري للتمدد ، حساب المعدل المطلق وكان
 حوالى ١٣٠٠ كم (٨٠٠ ميل) فى الثانية . وبالمقارنة بين تلك القيمة
 المحسوبة وبين ما تنم عنه الصور من معدل ظاهري للتمدد تبين أن سديم
 السرطان يبعد عنا بمقدار ألفى فرسخ .

ثم بقياس طول سديم السرطان فى الصور وبحساب المسافة يتضح
 أن سحابة الغبار والغازات يبلغ قطرها حوالى أربعة فراسخ وما زالت
 تتمدد .

وبالرجوع الى ما ذكر عن شدة بريق نوبا ١٠٥٤ وبحساب بعده عن
 الأرض نستنتج انه لو كان ذلك الانفجار النوبا قد وقع على مسافة
 عشرة فراسخ من الأرض ، وهى المسافة القياسية لحساب القيمة المطلقة
 لشدة البريق ، لبلغت شدة اضاءته المطلقة فى ذروتها - ١٨ ، أى ما يعادل
 ١٦ بليون مثل شدة اضاءة شمسنا أو حوالى ٦٠/١ من شدة اضاءة
 مجرة درب اللبانة كلها لو تركزت فى نقطة . إذن فلقد كان نوبا ١٠٥٤
 سوبر نوبا بلا جدال .

ولما كان سديم السرطان يبعد ألفى فرسخ عن الأرض ، فلا بد وأن
 يكون سديما حقيقيا يتكون من الغبار والغازات ولا يمكن أن يكون تجمعا
 بعيدا من النجوم على نحو ما تبين بالنسبة لسديم اندروميديا . وفى هذه
 الحالة فإن من شأن سديم السرطان أن يشع طيفا يتكون من خطوط
 ضوئية منفصلة باختلاف أطوال موجاتها على نحو ما بدأ من سديم برج
 الجوزاء . غير أن الأمر لم يكن كذلك . فلقد كان لسديم السرطان طيف
 متصل كامل بجميع الدرجات شأنه فى ذلك شأن النجوم . إلا أن أطوال
 الموجات كانت قصيرة للغاية بما يفيد بأن درجة حرارة السديم تزيد
 كثيرا على حرارة النجوم . فعلاوة على الأشعة فوق البنفسجية يطلق
 السديم أشعة اكس بل واشعة جاما وكلها ذات أطوال موجات تقل فى
 القصر بحسب ترتيبيها . كما يطلق سديم السرطان كميات غزيرة من
 موجات الراديو الطويلة ولكنها ذات طابع نبضى فى اتجاه واحد بما يفيد
 تعرضها للاستقطاب .

ولقد ظل مصدر ذلك الطيف المتصل ذى الطاقة العالية محيرا الى
 أن طرح عالم الفلك السوفيتى ايوزيف صمولوفيتش شكوفسكى
 (١٩١٦ - ؟) فى عام ١٩٥٤ حلا للغز حيث أعزى ذلك
 الطيف الى الكثرونات تتحرك بسرعة هائلة خلال مجال مغناطيسى قوى .
 فإن من نتائج تحرك الالكترونات بهذه الكيفية انبعاث موجات من تلك

النوعية التي تم رصدها • وليس ذلك مجرد نظرية علمية فحسب بل يمكن ملاحظة هذه الظاهرة من خلال السنكروترون وهو جهاز تنشيط الالكترونات الذي ابتكره علماء الفيزياء النووية ، حيث يتم في تلك الأجهزة تمرير جزيئات مشحونة كهربائيا خلال مجالات مغناطيسية فينتج عن ذلك تولد ما يسمى باشعاعات سنكروترونية •

ان ذلك يعنى بالتالى أن سديم السرطان يطلق اشعاعات سنكروترونية على نطاق واسع • ولكن من أين تأتي الالكترونات ؟ وما مصدر كل تلك الطاقة التي تنفع الالكترونات خلال المجال المغناطيسي منذ انفجار السوبر نوبا قبل تسعة قرون ..

وفي عام ١٩٤٥ رصد بادى ، الذي توصل الى ما يعتقد اليوم انه البعد الحقيقي لمجرة اندروميديا ، بعض التغيرات الطفيفة بالقرب من نجمين يتوسطان سديم السرطان • وقد استنتج بالتعاون مع عالم الفلك الأمريكى الألماني الأصل رودولف مينكوفسكى (١٨٩٥ - ١٩٧٦) أن أحد النجمين لابد وأن يكون من بقايا الجرم الأصلي الذي تعرض للانفجار السوبر نوبا • وحتى في هذه الحالة فإن استمرار هذا الفيض من الاشعاع السنكروتروني يقتضى أن يطلق ذلك النجم كما من الطاقة بمعدل يساوى ثلاثين ألف مثل ما تطلقه شمسنا • كيف يحدث ذلك ؟ لقد ظلت تلك المسألة تشكل لغزا مستعصيا على مدى ربع قرن آخر •

ولو أن سوبر نوبا ١٠٥٤ قد خلف مثل هذا الأثر المدهش من بقاياها ، فلا بد أن تكون السوبر نوفات الأخرى قد خلفت مثل ذلك ، ومن ثم أصبحت أى سحابة ممتلئة من الغبار والغازات وتطلق اشعاعات سنكروترونية موزعا للبحث • الا أن المشكلة تكمن في انه كلما كان السوبر نوبا أقدم من حيث زمن حدوث الانفجار اتسعت رقعة السحابة وقلت كثافتها وبالتالي خفت كثافة اشعاعاتها •

ولعله يقال ان سبب رصده ما اتسم به سديم السرطان من خصائص مذهلة يعزى الى أن الانفجار السوبر نوبا الذي شهده عام ١٠٥٤ يعتبر حديثا بالمقارنة مع الانفجارات الأخرى وعلى مسافة قريبة نسبيا ، كما انه مرئى بوضوح حيث لا مجال للحديث عن سحب غبار تعترض مرئى البصر اليه •

ولكن من خصائص موجات الراديو أنها تخترق سحب الغبار دون مشاكل علاوة على أن علماء الفلك نجحوا بعد الحرب العالمية الثانية في تطوير الأجهزة وابتكار التقنيات الكفيلة برصد تلك الموجات بلا معوقات وبدقة تتزايد يوما بعد يوم •

وفي عام ١٩٤١ رصد بادي شعيرات ضوئية سديمية في برج
الحوية في نفس الموقع تقريبا الذي رصد فيه كبلر سوبر نوبا ١٦٠٤ .
ولكن اذا كانت مخلفات ذلك الانفجار السوبر نوبا لايزيد عمرها على ثلث
عمر سديم السرطان ، الا أنها تقع على بعد أحد عشر ألف فرسخ من
الأرض ، أى أبعد كثيرا من سديم السرطان وبالتالي فقد شكلت صعوبة
أكبر في تمييزها .

ولم يكن لدى بادي من سبيل للتيقن من أن تلك الشعيرات من
الغبار والغازات هي من بقايا الانفجار السوبر نوبا . غير أن عالمي فلك
من جامعة كامبردج هما هانبوري براون وسيريل هازارد اكتشفا في
عام ١٩٥٢ أن تلك الشعيرات هي مصدر قوى لموجات الراديو . وكان
ذلك بمثابة رباط واضح بين تلك الشعيرات وسوبر نوبا ١٦٠٤ .

وفي نفس العام رصد براون وهازارد موجات راديو يقع مصدرها
في برج ذات الكرسي في نفس المنطقة التي شهدت النوبا التي رصدها
تيكو . وبعد فترة اكتشف مينكوفسكي آثارا واضحة لبقايا هذا
السوبر نوبا ، وذلك باستخدام تلسكوب يبلغ قطر عدسته مائتي بوصة
في مرصد جبل بالومار بولاية كاليفورنيا ووجد أن هذه المخلفات تبعد
عن الأرض مسافة خمسة آلاف فرسخ . أما في عام ١٩٦٥ فقد اكتشف
مصدر لموجات الراديو في برج الذئبة وصف بأنه من مخلفات الانفجار
السوبر نوبا الضخم الذي وقع عام ١٠٠٦ على مسافة قريبة نسبيا من
الأرض حيث لا تزيد على ألف فرسخ .

ينضح من ذلك أن الانفجارات السوبر نوبا الأربعة المعروفة على
مدى الألف سنة الماضية تركت كلها مخلفات ممتدة . وفي الواقع ثمة
سحابة مخلفات خامسة . ففي عام ١٩٤٨ رصد عالما فلك بريطانيان
ههما مارتن رايسل (١٩١٨ - ١٩٨٤) و ف . جراهام سميث
(١٩٣٣ - ؟) مصدرا قويا لموجات الراديو في برج ذات الكرسي .
وفي وقت لاحق اكتشف مينكوفسكي السديم الذي يتناسب مع ذلك
المصدر ويعرف باسم « ذات الكرسي أ » ، ولم يكن يقع في منطقة السوبر
نوبا الذي رصده تيكو ، ولكن كان يتسم بخصائص تتماشى مع مواصفات
بقايا الانفجارات السوبرنوبا . ولو كان فعلا من مخلفات سوبر نوبا
فلا بد أن يكون ذلك الانفجار قد وقع نحو عام ١٦٧٧ ولكن أحدا لم يعلن
عنه ولعل ذلك يعزى الى وجود سحب كونية حجبه عن الرؤية .

ثمة كيان آخر موضع بحث يطلق عليه اسم « دائرة الدجاجة » ،
ولعلنا نستنتج انه يقع في برج الدجاجة . ويمدو ذلك الكيان على هيئة

السنة لولبية محدبة من السدم تشبه جزءا من حلقة يبلغ قطرها ستة أمثال قطر البدر . ولو أنه بالفعل من بقايا سوپر نوفا فلا بد أن يكون ذلك الانفجار قد وقع منذ حوالى ستين ألف سنة .

ومن الكائنات التى تستلفت الانتباه أيضا ذلك السديم الضعيف الذى اكتشفه فى عام ١٩٣٩ عالم الفلك الأمريكى الروسى الأصلى أوتو ستروف (١٨٩٧ - ١٩٦٣) ويقع فى برج الشراع وهو من الأبراج الجنوبية . وقد تابع عالم الفلك الأسترالى كولن جام (١٩٢٤ - ١٩٦٠) ذلك السديم على مدى السنوات من ١٩٥٠ حتى ١٩٥٢ .

وجاء فى النتائج التى نشرها جام عام ١٩٥٥ أن السديم ، الذى سمي باسمه ، هو أكبر السدم المعروفة حجما حيث يشغل تقريبا ١٦/١ من مساحة السماء بأكملها ، غير أنه يتسم بكثافة ضعيفة للغاية بحيث يصعب رؤيته فضلا عن أنه يقع فى أقصى جنوب السماء فمن العسير متابعته من أوروبا أو الولايات المتحدة .

ويتخذ سديم جام شكلا كرويا يناهز قطره ٧٢٠ فرسخا ويبعد مركزه زهاء ٤٦٠ فرسخا من مجموعتنا الشمسية ، وتلك أقرب مسافة معروفة تقع عليها مخلفات لانفجار سوپر نوفا ، فلا يزيد بعد حدودها عنا على مائة فرسخ حتى أن البعض من علماء الفلك ذهب باعتقاده لوهلة أن المجموعة الشمسية قد تكون جزءا من ذلك السديم .

ولعل ذلك السديم قد تكون من جراء انفجار سوپر نوفا وقع منذ ثلاثين ألف سنة وسطح لفترة وجيزة ببريق يعادل ضوء البدر . ويواكب ذلك التاريخ ظهور الانسان الحديث على الأرض . ولنا أن نتساءل ما اذا كان ذلك الانسان والانسان النياندرتالى قد لاحظا هذا القمر الثانى فى السماء ، وذلك بفرض وجود الانسان فى الجنوب بدرجة تتيح رؤيته بسهولة .

النجوم النثرية

لما كان السوبر نوفا هو الرميض المرئى الناجم عن انفجار نجم ، واذا كان ما ينتج من طاقة يفوق كثيرا قدرة النوا المادية ، وبالرجوع الى المعتقدات السائدة فى عام ١٩٢٠ يبدو منطقيا أن يقال إن الجزء المتبقى من النجم بعد لفظ سحب الغبار والغازات الى الفضاء لابد وأن يتعرض للانقباض ويتحول الى متقزم أبيض .

ولقد تبين أن النجم المركزى الذى رصد فى سديم السرطان ساخن ويميل الى اللون الأزرق . كما اكتشف نجم مماثل فى مركز سديم جام . وربما كانت كل السدم من مخلفات الانفجارات السوبر نوبا تحتوى فى مركزها على متقزومات بيضاء من نفس القبيل ولكنها أضعف من أن ترى . ومن ثم بدا واضحا أن السبب فى رؤية النجم المركزى فى كل من سديم السرطان وسديم جام انما يعزى الى أن السديمين يقعان بالصدفة على مسافة قريبة نسبيا من الأرض .

ولكن عالم الفلك الأمريكى الهندى الأصل سوبراحميان شاندراسيخار (١٩١٠ -) كان أول من زرع بذرة التشكك فى أن المتقزم الأبيض هو النتيجة الحتمية الوحيدة لتقلص النجوم .

لقد فكر على النحو التالى : عندما يتعرض نجم للتقلص فذلك يبنى انه لم تعد للمتقزم الأبيض الناجم عن تلك العملية القدرة على مواصلة التفاعلات الاندماجية التى تحول دون انقباضه .

غير أن المتقزم الأبيض مازال مرحلة لم تبلغ بعد درجة الانقباض الكامل . فلو أن الذرات تعرضت للانهيأر وبلغ الانقباض مداه بحيث تتلاشى الفراغات وتلتصق النويات الذرية لتقلص كوكب مثل شمسنا الى كرة لا يزيد قطرها على نحو أربعة عشر كيلومترا (تسعة أميال) . أما المتقزومات البيضاء فقطرها يناهز ١٢ ألف كيلومتر (٧٤٠٠ ميل) ، ولا تزال نوياتها تحظى بقدر من الفراغات يتيح لها التحرك بحرية تكاد تكون مطلقة بل ثمة آراء تقول بأن المتقزم الأبيض رغم ما اكتسبه من كثافة مازال يتسم بصورة أو بأخرى بخصائص الغازات .

ولقد أثبت شاندراسيخار أن محتوى المتقزم الأبيض من الالكترونات هو ما يحفظ له تدمده . صحيح أن الالكترونات لم تعد جزءا من الذرات ولكنها تظل تتحرك عشوائيا كمثل الكترونات الحالة الغازية . ويبلغ من شدة تنافر تلك الالكترونات انه ما من قوة ، بما فى ذلك قوة جاذبية المتقزم الأبيض الهائلة ، يمكن أن تضغطها لابتعد من حد معين .

وكلما زادت كتلة المتقزم الأبيض اشتدت قوة جاذبيته وتعرضت الكترونات الغاز لقدر أكبر من الانضغاط . وبالتالي فكلما زادت كتلة المتقزم الأبيض قل قطره .

ولو تجاوزت قوة الضغط قيمة معينة فان قوة مقاومة الكترونات الغاز تنهار ويتعرض المتقزم الأبيض للانقباض . وفى عام ١٩٣١ خلص شاندراسيخار الى نتيجة مؤداها أن الالكترونات تتعرض للانهيأر

لو تجاوزت كتلة المتقزم ١٢٤٤ مثل كتلة الشمس . وقد أطلق على هذه النسبة « حد شاندرا سيخار » .

ولقد تبين أن الكتلة في كل المتقزمات البيضاء التي أمكن حساب كتلتها تقل عن تلك النسبة بلا استثناء .

وللوهلة الأولى ، لم تمثل تلك النتيجة مشكلة بالنسبة لعلماء الفلك . فنسبة النجوم التي تقل كتلتها عن حد شاندرا سيخار تتجاوز ٩٥ في المائة وليس لها من بديل سوى أن تنقلص إلى متقزمات بيضاء .

وحتى تلك الأقلية الضئيلة من النجوم التي تتجاوز ذلك الحد لا تمثل فيما يبدو أى مشكلة . فقبل الانقباض تتعرض النجوم للانفجار وتلفظ طبقاتها الخارجية وبالتالي تقل كتلتها . ومن ناحية أخرى كلما زادت كتلة النجوم كان انفجارها أشد ، وفقدت قدرا أكبر من كتلتها . ولقد قدرت كتلة سديم السرطان ، بما فى ذلك ما فقد منه من جراء الانفجار السوبر نوفا بثلاثة أمثال كتلة الشمس .

وتقودنا تلك النتيجة إلى القول بأن كل النجوم الثقيلة تفقد ، بتعرضها للانفجار ، كميات كبيرة من كتلتها بحيث يقل دائما المتبقى منها عن نسبة ال ١٢٤٤ ومن ثم فإنها تنقلص وتحول إلى متقزمات بيضاء .

غير أن شاندرا سيخار أثار مشكلة أخرى . فماذا عن النجوم التي يزيد وزنها الأصلي بحيث يتجاوز المتبقى منها بعد الانفجار نسبة ال ١٢٤٤ ؟ بناء على ما تقدم ، فإنها لن تتحول عند الانقباض إلى متقزم أبيض . فما الذى سيحدث ؟

ولعلنا نتناول المسألة بالتحليل على النحو التالى : ان المتقزم الأبيض يتكون من نويات ذرية والكترونات ، والنويات الذرية تتألف من بروتونات ونيوترونات ، وإذا كانت النيوترونات لا تحمل شحنات كهربية فإن البروتونات تحمل شحنات كهربية موجبة وكلها متساوية . ولقد اصطلح على تقدير قيمة الشحنة بواحد ، أى أن كل بروتون يحمل شحنة مقدارها + ١ .

أما الالكترونات فكلها أيضا تحمل شحنة كهربية موحدة ولكنها سالبة . أى أن كل الكترون يحمل شحنة مضادة لشحنة البروتون ومقدارها - ١ .

ولما كانت البروتونات والالكترونات تحمل شحنات مضادة فإنها تتجاذب ولكن فى حدود معينة . فلو انها اقتربت بدرجة تتجاوز تلك

الحدود تدخلت عوامل أخرى تعمل على تنافرها بدرجة تفوق بكثير شدة تجاذبها . وفي ذلك مبرر أخسر - بل هو أقوى من المبرر الأول القائل بتنافر الالكترونات فيما بينها - لعدم تعرض المتقزمات البيضاء للتقلص الى أبعد من حد معين .

غير أن تزايد قوة الجاذبية يدفع الالكترونات الى الاقتراب من بعضها أكثر فأكثر وإلى الاقتراب من البروتونات حتى ينتهى بها المال الى الاتحاد مع البروتونات . عندئذ تتعادل الشحنات الكهربائية وتتلاشى ، ويتحول الالكترون ذو الشحنة السالبة والبروتون ذو الشحنة الموجبة الى وحدة لا شحنة لها ، أى الى نوترون .

اذن فالنجوم المتقلصة التى تربو كتلتها على نسبة الى ١٤٤ تتحد الالكترونات مع بروتوناتها وتكون نوتونات تضاف الى النوتونات الموجودة أصلا . ومن ثم يقتصر تكوين النجوم المتقلصة على النوتونات فقط . ولما كانت النوتونات لاتحمل شحنة كهربية فهى لا تتنافر ، ومن ثم يتقلص النجم حتى تتلامس نوتوناته ويتحول الى نجم نوترونى .

وكما أسلفنا فلو أن الشمس تعرضت لهذه الظاهرة لتحولت الى كرة لا يزيد قطرها على أربعة عشر كيلومترا (تسعة أميال) وبالتالي فإن النجم النوترونى يعد أصغر كثيرا من المتقزم الأبيض ويفوقه بدرجة كبيرة فى الكثافة وله من قوة الجاذبية ما يتعاطلم كثيرا على قوة المتقزم الأبيض .

ولما شرع زويكى عام ١٩٣٤ فى اجراء دراسات عن السوبرنوفات فى مجرات أخرى كان يراود فكره امكان عثوره على نجوم نوترونية كنتاج اخير لما يمكن أن تؤول اليه الانفجارات العملاقة .

لقد فكر أن السوبر نوبا بما يطلقه من طاقة تعادل مليون مثلل ما ينجم عن النوبا العادى فلا بد وأن يكون نتيجة انفجار هائل . وبديهي انه كلما اشتد الانفجار كان الانقباض أقوى وأعنف . ولو حدث أن كتلة مخلفات الانفجار التى تتعرض للانقباض كانت أقل من أن تتيج تحول النجم الى متقزم أبيض فإن سرعة الانقباض وما ينجم عنها من قصور ذاتى تدمج المجال لتخطى هذه المرحلة تماما ، ومن ثم يتكون نجم نوترونى بكتلة تقل عن نسبة الى ١٤٤ مثل كتلة الشمس .

ولم يمض وقت طويل على ذلك حتى توصل الفيزيائى الأمريكى ج . روبرت أوبنهايمر (١٩٠٤ - ١٩٦٧) وأحد تلامذته يدعى جورج مايكل فولكوف الى المعادلات الرياضية الخاصة بحساب خصائص النجوم النوترونية وتكوينها . ونفس المعادلات توصل اليها الفيزيائى السوفيتى ليف دافيدوفيتش لاندو (١٩٠٨ - ١٩٦٨) فى دراسات مستقلة .

ومن هذا المنطلق كان يبدو منطقيا في الثلاثينات من القرن الحالى القول بأن الانفجارات السوبر نوبا تؤدي الى تكون النجوم النيترونية ولكن لم يكن ثمة سبيل للتحقق من ذلك الأمر عن طريق الرصد المباشر . ولو أن النجوم النيترونية موجودة بالفعل فإن حجمها سيكون ضئيلا ضئيلا لدرجة أنه حتى لو أمكن باستخدام تلسكوب ضخيم رصد أحدها لوجوده على مسافة قريبة نسبيا لبدا ضوءه شديد الضعف . وحتى لو أمكن رؤيته فما من سبيل لمعرفة أى شيء عنه الا كونه بالغ الضعف . ولعلنا نتساءل الآن عن ذلك النجم ذى الضوء الضعيف فى قلب سديم السرطان هل هو نجم نيتروني أم متقزم أبيض ؟ لو كان المعيار هو مجرد كونه مرئيا لرجحت كفة المتقزم الأبيض .

وبقى أمل وحيد مبهم . فإذا كان الانفجار السوبر نوبا يولد مثل هذا الضغط الرهيب فلا بد وأن يكون مصحوبا بارتفاع هائل فى درجة الحرارة بما يقدر على سطح النجم النيتروني وقت تكونه بزهاء عشرة ملايين درجة مئوية . وحتى لو اقتضى الأمر آلاف السنين من التبريد فلا مناص من أن تؤدي درجة الحرارة هذه الى وجود كميات وفيرة من الأشعة السينية ضمن اشعاعات السوبر نوبا .

ومن ثم ، فلو أن نجما ضئيلا ضعيف الضوء التقطت أشعة سينية واردة من موقعه فى السماء ، فلاحتمالات قوية أن يكون نجما نيترونيا .

غير أن ذلك الأمل اصطدم بعائق يتمثل فى أن الأشعة السينية لا تخترق الغلاف الجوى للأرض ، حيث انها تتفاعل مع الذرات والجزيئات العالقة بالجو وتفقد بوصولها الى الأرض خصائصها المميزة . وقد تكون النجوم النيترونية تطلق اشارات قوية ولكنها تظل بلا جدوى ، أو هكذا جدا الأمر فى الثلاثينات .

الأشعة السينية وموجات الراديو

لو كان بمقدور العلماء استطلاع السماء من خارج الغلاف الجوى للأرض لتغير كل شيء .

والسبيل الوحيد للتغلب على الفسلاف الجوى هو استخدام الصواريخ ، وكان نيوتن قد أشار الى ذلك فى عام ١٦٨٦ . ولكن كانت الفجوة كبيرة حقا بين التفكير وبين التمكن من التنفيذ .

ولكن دقت الساعة . فخلال الحرب العالمية الثانية أحرز الألمان تقدما سريعا فى مجال المركبات الصاروخية وذلك بفضل أبحاث ورنهر

فون براون (١٩١٢ - ١٩٧٧) • وكان هدفهم استخدام تلك المركبات كاسلحة ونجحوا فى ذلك ، ولكن لحسن حظ الحلفاء لم يجد الألمان متسعا من الوقت لنشر تلك الصواريخ بكميات تدرأ عنهم الهزيمة •

غير أن الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتى ما لبثا بعد الحرب أن أمسكا بزمام الأبحاث فى هذا المجال من حيث انتهى اليه الألمان • وفى عام ١٩٤٩ نجحت الولايات المتحدة فى اطلاق صاروخ لارتفاع يتجاوز سمك الغلاف الجوى • أما الاتحاد السوفيتى فقد وضع فى ١٩٥٧ مركبة مجهزة بحرك صاروخى فى مدار حول الأرض •

الآن صار بالإمكان رصد الاشعة السينية من الفضاء بما يفسح المجال لحل بعض الألغاز •

وكان من نتيجة ذلك أن أظهر التحليل الطيفى للغلاف الجوى للشمس خطوطا لا تماثل تلك المكونة من عناصر معروفة • ولذلك ذهب البعض الى الاعتقاد بأن الغلاف الجوى للشمس يحتوى على عنصر ما زال مجهولا وأطلقوا عليه اسم « كورونيوم » وهو مشتق من كورونا أى الغلاف الجوى للشمس •

غير أن الفيزيائى السويدى بنجت ايدلن (١٩٠٦ -) تمسك فى عام ١٩٤٠ بأن تلك الخطوط تمثل ذرات لعناصر معروفة ولكنها موجودة فى ظروف فريدة ، فدرجة حرارة الغلاف الجوى للشمس تقدر بمليون درجة مئوية أو يزيد •

والآن كيف يمكن التحقق من وجود الكورونيوم ؟ لو أن ايدلن كان على حق لانبعثت أشعة سينية بكميات كبيرة من الغلاف الجوى للشمس نتيجة تلك السخونة ولكن لم يكن من وسيلة فى عام ١٩٤٠ لرصد مثل تلك الأشعة حتى لو وجلت •

ولكن ما أن أصبحت الصواريخ متاحة حتى تبدلت الأمور • وفى عام ١٩٥٨ تابع عالم الفلك الأمريكى هربرت فرايدمان (١٩١٦ -) عملية اطلاق ستة صواريخ خارج الغلاف الجوى للأرض مجهزة ببعثات تتبع رصد الاشعة السينية المنبعثة من الشمس لو وجلت • وبالفعل رصدت أشعة سينية وظهر أن ايدلن كان على حق فيما قدره من درجة حرارة الغلاف الجوى للشمس وأن الخطوط الطيفية هى بالفعل لعناصر عادية ولكنها موجودة فى ظروف غير مألوفة بالمرة ولا وجود لما سمي بالكورونيوم •

غير أن الأشعة السينية المنبعثة من الشمس كانت ضعيفة وما كانت لتلتقط بسهولة لولا أن الشمس قريبة منا • ولو تحدثنا عن المسافات لوجدنا أن أقرب النجوم وهى نجوم مجموعة ألفا قنطوري تبعد عن الأرض ٢٧٠ ألف مثل بعد الشمس • ولو أن أحد هذه النجوم أطلق شمساً سينيا بنفس شدة أشعة الشمس لوصل الى الأرض بما يقدر بجزء من سبعين ألف مليون جزء مما لو كان منبعثاً من الشمس ، ولما أمكننا رصد ذلك الشعاع • فماذا اذن من أمر الأشعة السينية الواردة من نجوم تقع الى أبعد من ذلك ؟

وبالتالى ، فلو أن الكون مقصور على كواكب مثل الشمس ما أمكننا بمثل ما لدينا الآن من أجهزة رصد أى مصدر فى السماء للأشعة السينية عدا الشمس ذاتها • اما لو كانت هناك نجوم غير عادية تطلق أشعة سينية بالغة الشدة - على نحو ما هو متوقع فى حالة النجوم النترونية - فربما أمكن التقاط هذه الأشعة •

لقد أصبحت اذن محاولة استكشاف مصادر الأشعة السينية تكتسب أهمية قصوى فان كل مصدر لهذه الأشعة يبعث الأمل فى وجود شئ غير عادى •

وفى عام ١٩٦٣ رصد فرايدمان أشعة سينية فى السماء منبعثة من مصادر أخرى غير الشمس وشهدت السنوات التالية رصد عدد كبير من مثل تلك المصادر • وفى عام ١٩٦٩ أطلق قمر صناعى مجهز خصيصاً لرصد مصادر الأشعة السينية • وقد أطلق من الساحل الكينى بمناسبة الاحتفال بمرور خمس سنوات على استقلال كينيا وسمى « أهورو » بما يعنى باللغة السواحيلية « الاستقلال » • وقد رصد ذلك القمر ما لا يقل عن ١٦١ مصدراً للأشعة السينية ، نصفها من خارج مجرتنا •

كان ذلك أحد السبل التى جعلت علماء الفلك فى الستينات من القرن الحالى يهتمون الى أن الكون أرحب كثيراً مما كان يعتقد سالفاً • كم هو خادع ذلك الهدوء والسكون الظاهرى الذى يتسم به ليل السماء !! ولقد تبين أن أحد مصادر الأشعة السينية فى السماء يقع فى سديم السرطان •

ولم يكن ذلك بمثابة مفاجأة لعلماء الفلك • فلو كان قد طلب اليهم ترشيح موقع فى السماء ليكون مصدراً لأشعة سينية يمكن رصدها لأجمعوا على سديم السرطان • ويعزى ذلك الى انه يشكل يقيناً آثار انفجار سوبر نوفا وهو أعنف ما يمكن أن يتعرض له نجم من ظواهر طبيعية • ومن ناحية أخرى فهو انفجار وقع على مسافة معقولة ومنذ زمن قريب نسبياً ،

علاوة على أن طابع الدوامة والتلاطم وسرعة انتشار السديم تمثل دلالات قوية على مدى ارتفاع درجة الحرارة بما يهيئ انبعاث الأشعة السينية .
ويبحث ذلك على التفكير في مصدرين محتملين للأشعة السينية .
يتمثل الأول في حالة الغازات والغبار المكونة للسديم والتي تتمدد بسرعة هائلة . أما الثاني فهو النجم الضئيل الساخن الواقع في مركز السديم وربما كان نجما نترونيا .

ولما كانت الحسابات الفلكية قد أفادت بأن القمر يتجه بتحركاته الى أن يمر في عام ١٩٤٦ في مسار يتقاطع مع مجال رؤية سديم السرطان فقد سنحت الفرصة لتحديد مصدر الأشعة .

فلو كانت الأشعة السينية ناجمة عن دوامة الغازات الساخنة فإن شدة الأشعة ستخف تدريجيا كلما تداخل القمر وخسف السديم . أما لو كان المصدر الرئيسي للأشعة السينية هو النجم النتروني المحتمل فإن شدة الأشعة ستخف مع مرور القمر امام السديم ثم تنخفض بشكل حاد بمروره أمام النجم ولا تلبث أن تعود الى سيرتها الأولى حتى يخرج القمر من أمام السديم فترجع الى قيمتها الأصلية .

وعندما حان موعد الخسوف أطلق صاروخ مجهز لرصد الأشعة السينية . وأظهرت النتائج أن شدة الأشعة خفت تدريجيا بلا أى علامة على حدوث انخفاض حاد . وهكذا ذبلت الآمال في اكتشاف نجم نتروني .

غير أنها لم تمت كلها . الا يجوز ان يكون التفكير في كل من النجم المركزي وهالة الغازات المحيطة به كمصدر للأشعة السينية مبعث لبس ، ولو أمكن التوصل الى شيء يتيح تمييز النجم وحده دون الغازات المحيطة به ربما توصلنا الى حل اللغز .

ولكن ما هو هذا الشيء ؟ الغريب انه عندما عرف الحل جاء على غير التوقع تماما . . .

فاذا كانت الأشعة السينية وأشعة جاما ذات الطاقة العالية تمثلان إحدى نهايات التدرج الطيفي الكهرومغناطيسي فإن النهاية الأخرى لهذا التدرج تتمثل في موجات الراديو ذات الطاقة المحدودة .

ومن سمات موجات الراديو انها بصفة عامة لا تخترق الغلاف الجوي شأنها في ذلك شأن الأشعة السينية . غير أن السبب في هذه الحالة يعزى الى الطبقات العليا للغلاف الجوي ويطلق عليها الايونوسفير أو الغلاف

الايونى وهى طبقة غنية بالجزئيات المشحونة كهربيا . ويعمل الغلاف الايوني كعاكس لموجات الراديو ، فالأشعة الصادرة من الأرض تصطدم بتلك الطبقة وتنعكس عائدة اليها ، كذلك تلك الواودة من أى مصدر فلكي يعكسها أيضا الغلاف الايوني الى الفضاء ولا تصل مطلقا الى سطح الأرض .

ولكن تلك الظاهرة لا تنطبق على الميكروويف وهى شريحة موجات الراديو الأقصر طولاً . واذا كانت موجات الميكروويف تعد بالغة القصر بالنسبة لفئتها (فئة موجات الراديو) الا انها تعد أطول كثيرا من موجات الضوء المادى بما فيها شريحة الأشعة تحت الحمراء .

ويمكن القول اذن بأن التدرج الطبقي الكهرومغناطيسى يشتمل على حزامين من الأشعة يمكنها أن تخترق الغلاف الجوى دون أن تفقد الكثير من خصائصها . الحزام الأول هو فئة أشعة الضوء المرئى اما الآخر وهو الأعرض فيتمثل فى شريحة الميكروويف .

ولقد عرف الانسان « الحزام الضوئى » لأن له أعينا تشعر بالضوء وتمكنه من رؤية الشمس والقمر والكواكب والنجوم . اما شريحة الميكروويف فليس بوسع الانسان أن يلتقطها بأى من حواسه ولذلك لم تعرف الا فى النصف الأخير من القرن الحالى .

ولقد لعبت الصدفة دورها فى اكتشاف الميكروويف . فبينما كان مهندس اللاسلكى الأمريكى كارل جوتة جانسكى (١٩٠٥ - ١٩٥٠) ، الموظف بشركة بل للهاتف ، يسعى فى عام ١٩٣١ الى تحديد سبب التشويش الذى يشوب رسالة واردة على جهاز الاستقبال اللاسلكى رصد الجهاز هسيسا واردا من السماء . ولقد بدا فى مطلع الأمر أن الهسيس ناتج عن موجات ميكروويف مصدرها الشمس . غير أن المصدر أخذ يمرور الوقت يتباعد شيئا فشيئا الى أبعد من مسافة الشمس . وفى عام ١٩٣٢ اكتشف جانسكى أن المصدر يقع فى برج « ركبة الرامى » (القوس) ثم تبين فيما بعد أن تلك الأشعة الميكروويف كانت واردة من مركز المجرة .

واذ لم تكن تقنيات رصد الميكروويف على درجة عالية من التطور لم يستثمر أحد من علماء الفلك المتمرسين اكتشاف جانسكى فى حينه . غير أن جروت ريبير (١٩١١ -) وهو من هواة اللاسلكى المتحمسين، عمه لدى سماعه عن ذلك الاكتشاف الى صنع جهاز استقبال ذى هوائى على شكل جسم مكافئ دورانى ووضعه فى الغناء الخلفى لمنزله . كان

ذلك الجهاز ، الذى صنعه جروت ولم يكن قد تجاوز السادسة عشرة من عمره ، بمثابة أول « تلسكوب لاسلكى » وقد أجرى به مسحا للسماء بحثنا عن أى مصدر خاص للإشارات الكهربائية . وقد صنع بذلك أول خريطة لمصادر الإشارات الكهربائية فى السماء .

وفى نفس الوقت تقريبا كان الفيزيائى الاسكتلندى روبرت واطسون وات (١٨٩٢ - ١٩٧٣) يعمل مع آخرين من أجل التوصل الى طريقة لتحديد اتجاهات ومسافات الأجسام الفضائية الأخرى غير المرئية وذلك باستخدام شعاع ميكروويف . وتتلخص الفكرة فى ارسال أشعة ميكروويف الى السماء ولو صادفت جسما ما فى الفضاء فسوف تنعكس وتعود الى الأرض وترصد . وبمعرفة اتجاه الانعكاس يتحدد اتجاه ذلك الجسم ، كذلك فان قياس الوقت بين ارسال الشعاع واستقباله يتيح حساب المسافة . وقد سميت تلك التقنية « رادار » .

ولقد اكتسب الرادار أهمية قصوى اثناء الحرب العالمية الثانية ، حتى انه بانتهاء تلك الحرب كانت تقنيات ارسال واستقبال الميكروويف قد بلغت مرحلة جيدة . وذلك يعنى أن علماء الفلك أصبح بوسعهم بعد الحرب اجراء دراسات وتحاليل موسعة لمصادر الميكروويف فى مجموعات النجوم البعيدة . وكان من نتائج التقدم المضطرد فى صناعة التلسكوبات اللاسلكية التوصل الى عدد كبير من الاكتشافات العظيمة وأغلبها لم يكن على البال . لقد كان ذلك الاكتشاف بمثابة ثورة فكرية تعادل فى أهميتها تلك التى أسفر عنها اختراع التلسكوب قبل ذلك بثلاثة قرون ونصف .

النباضات الإشعاعية (بلسار)

وفى عام ١٩٦٤ أصبح علماء الفلك على يقين من أن مصادر الموجات اللاسلكية ليست بالضرورة منتظمة شأنها فى ذلك شأن مصادر الضوء .

ولقد عرف أن موجات الضوء لدى اختراقها الغلاف الجوى تنكسر بنسب متفاوتة حسب درجات الحرارة . ولما كانت الحرارة تختلف من منطقة الى أخرى داخل الغلاف الجوى وتتنغير باختلاف الوقت فان الأشعة الضوئية الضعيفة الواردة من النجوم تنكسر بدرجة أو بأخرى ويتغير اتجاهها مع الوقت فيعطى ذلك انطباعا بأن النجوم « تتلألا » . كذلك الإشارات الكهربائية فهى تتعرض لنفس الشئ ولكن بسبب وجود الجزيئات المشحونة فى الغلاف الجوى مما يؤدى الى انحرافها بدرجة أو بأخرى فتبدو وكأن لها وميضاً .

ولدراسة ذلك الوميض السريع كان لابد مع صنع تلسكوبات لاسلكية ذات مواصفات خاصة ، وقد ابتكر أحدها عالم الفلك الانجليزى انطونى هيويش (١٩٢٤ -) ، ويتكون تلسكوبه اللاسلكى من ٢٠٤٨ جهاز استقبال موزعة على مساحة قدرها ١٨ ألف متر مربع .

وفى يوليو من عام ١٩٦٧ شرع هيويش فى اجراء مسح للسماء لرصد مصادر الاشارات الكهربائية ودراستها ، مستعينا على أجهزة المراقبة والتحكم بواحدة من تلامذته تدعى سوزان جوسلين بل (١٩٤٣ -) وقد غدت متخصصة فى علم الفلك اللاسلكى .

وفى اغسطس لاحظت بل شيئا غريبا . فقد استرعى انتباهها وجود نبضات واضحة واردة من مصدر ما يقع بين النجمين النسر الواقع والنسر الطائر ، وذلك فى منتصف الليل وهو وقت عادة ما تكون فيه النبضات الكهربائية ضعيفة . ولاحظت علاوة على ذلك أن الومضات تبدو كأنها تقترب وتبعد . وقد نقلت تلك الملاحظة الى هيويش الذى ارتأى مع حلول نوفمبر أنها ظاهرة جديرة بدراسة مستفيضة .

وبناء على ذلك أجرى تعديلا على التلسكوب اللاسلكى بأن زاد من سرعة رصد الاشارات الكهربائية فاكشف أن الومضات تتداخل معها موجات عرضية خاطفة من الاشعاعات لا تدوم لأكثر من جزء من عشرين من الثانية . وذلك يفسر ما بدا من أن الومضات تجيء وتروح ، حيث كان الهوائى بدورانه المستمر يمر بالمصدر فيما بين تلك الموجات العرضية بالطبع . ولذلك كان من قبيل المصادفة وحدها أن يرصد الهوائى المصدر فى وقت يبدأ فيه تداخل الموجات العرضية مع النبضات .

لكن مع استمرار دراسة موجات الاشعاعات ، اتضح انها تحدث على فترات قصيرة ومنتظمة انتظاما فائقا . وبقياس الزمن بين الموجة والموجة وجد أنه حوالى $\frac{1}{10}$ ثانية وعلى وجه الدقة لثمانية أرقام بعد العلامة العشرية ١٠٩-١٣٣٧٣ ثانية .

ولم يكن احد قد رصد ظاهرة فى السماء تتكرر بمثل ذلك الانتظام وعلى فترات بهذه الدرجة من القصر . وإيا ما كان وراء تلك الظاهرة ، فهو شيء لم يسبق له مثيل . لابد وأن يكون شيئا متغيرا بشكل دورى ، كجرم فلكى يدور حول جرم آخر ، أو يدور حول محوره الذاتى ، أو جرم ما تردديا ، أو لسبب ما يطلق موجة من الميكروويف مع كل دورة أو تردد .

ولقد بدأ لهيوش للوهلة الأولى أن الترددية هي أفضل مبرر لتلك الظاهرة لذلك اطلق على النجم الذى يتعرض لتلك الظاهرة « النباض الإشعاعى » وسرعان ما اختصر ذلك الاسم الى اللفظ الانجليزى « بلسار » .

وما أن اهتمدى هيوش الى الكيفية التى يطلق بها البلسار موجات الميكروويف حتى أصبح من السهل رصد مثل هذه النجوم . وقد اكتشف أن النجم مع كل تردد يطلق موجة ميكروويف تتسم بقدر كاف من القوة غير أنه اصطدم بمشكلة تتمثل فى أن التلسكوبات اللاسلكية العادية لا تصلح لرصد كل موجة على حدة ولكن كانت ترصد قيمة متوسطة للاشعاعات المنبعثة خلال فترة زمنية محددة . ولو تم القياس على فترة زمنية تساوى الفاصل بين ترددين فان القيمة المتوسطة لشدة الاشعاعات تعادل $27/1$ من شدتها وهى فى ذروتها . وتلك قيمة صغيرة لا تلفت الانتباه .

غير أن تلسكوب هيوش اللاسلكى كان ذا قدرة على رصد تلك الموجات ومن ثم بدأ عالم الفلك فى مسح السماء بحثا عن نجوم أخرى من نفس النوع . وفى فبراير ١٩٦٨ كان هيوش قد رصد ثلاثة نباضات اشعاعية أخرى مما منحه الثقة فاقدم على اعلان اكتشافه .

وبمجرد الاعلان عن الاكتشاف دأب آخرون على البحث وسرعان ما اكتشفوا خمسة نجوم مماثلة أخرى . أما فى مطلع الثمانينات فكان قد تم رصد زهاء ٤٠٠ من النجوم البلسار .

وفى أكتوبر ١٩٦٨ رصد نباض اشعاعى فى سديم السرطان وهى منطقة تبعث على توقع وجود أى شئ غريب فيها . وقد تبين أن سرعة التردد فى ذلك النجم تفوق كثيرا مثيلتها فى البلسار الأول ، حيث بلغت مدة الدورة ٣٣٠٩٩ ر . ثانية أى أن النجم يشع موجات الميكروويف بواقع ثلاثين مرة تقريبا فى الثانية . وقد تم فى وقت لاحق اكتشاف بلسار آخر فى مركز سديم جام .

وبذلك لم يعد هناك مجال للبس ، فلو أن الأمر يتعلق بأشعة منتظمة ، سواء كانت أشعة سينية أو موجات راديو لكان من العسير فصل الشريحة الواردة من النجم المركزى عن تلك الواردة من السديم . أما الترددات السريعة والمتكررة بانتظام فيمكن تحديده مصدرها بدقة لأنها ترد من نقطة واحدة ولا تنبعث من مساحة كبيرة . وقد تطابقت تلك النقطة الواحدة مع النجم المركزى فى حالتى سديم السرطان وسديم جام .

وقد فهم الناس الأمر على النحو التالى : فمثلا يكمن فى جوف السديم الكوكبى نجم مركزى يتمثل فى المتقزم الأبيض ، فان النجم المركزى الكامن فى البيئة المتولدة من جراء الانفجار السوبر نوبا هو البلسار . بمعنى آخر فان النجم الذى يتعرض لانفجار سوبر نوبا يتقلص الى بلسار .

ولكن ما هو البلسار ؟

ان سرعة التردد فى نبضات الميكروويف تدل على أن البلسار لابد وأن يكون إما تردديا أو يدور حول جسم آخر أو حول نفسه فى مدة لا تتجاوز بضعة ثوانٍ بل فى بعض الأحيان لا تتعدى كسورا عشرية من الثانية . وليس ثمة ما يمكن أن يتعرض لمثل ذلك التغير التكرارى بالغ السرعة الا أن يكون جسما ضئيلا للغاية وله مجال جاذبية هائل ليحفظه من التفتت تحت تأثير قوة القصور الذاتى الناجمة عن مثل تلك الحركة الترددية السريعة .

والمتقزم الأبيض هو الشيء الوحيد المعروف الذى يتسم بخصائيتى ضالة الحجم وقوة الجاذبية غير انهما ليستا بالقدر الكافى لتفادى التفتت . اذن فليس من حل الا أن يكون البلسار نجما نترونيا ، فذلك النجم يتسم على الأقل بقدر كاف من ضالة الحجم ومن قوة الجاذبية .

ولا يبدو منطقيا القول بأن النجم النترونى ، بما يتسم به من قوة جاذبية خارقة ، يمكن أن يتعرض لحركة نبضية ، ولا القول بأنه يمكن أن يدور حول أى جسم ، (حتى لو كان نجما نترونيا آخر) ، فى زمن يقاس بالكسور العشرية من الثانية . ومن ثم لا يتبقى الا احتمال واحد وهو الدوران حول محوره . فالنجم النترونى يمكن نظريا أن يدور حول نفسه ليس بسرعة ثلاثين دورة فى الثانية (مثل بلسار سديم السرطان) فحسب ، بل قد تصل هذه السرعة الى ألف دورة أو يزيد . وفى نوفمبر ١٩٨٢ تم اكتشاف بلسار يبلغ معدل موجات الميكروويف الواردة منه ٦٤٠ فى الثانية بما يفيد بأنه نجم نترونى يدور دورة كاملة فى زمن يربو قليلا على واحد من ألف من الثانية . وقد سمي « بالبلسار الميثانية » .

ولكن لم يطلق نجم نترونى يدور حول نفسه موجات ميكروويف ؟

عمد عدد من علماء الفلك ، من بينهم توماس جولد (١٩٢٠ -) الاستراتيجى المولد ، الى دراسة تلك المسألة ، وفكروا أن نجما بمثل تلك الكثافة القصوى لابد أن يكون له مجال مغناطيسى هائل وأن ذلك المجال

المغناطيسى لابد وأن يلف بشكل حلزوني حول النجم النترونى نتيجة دورانه بتلك السرعة الرهيبة .

وباعتبار درجات الحرارة الفائقة على سطح النجم النترونى ، فلنا أن نتوقع تحرر الالكترونات وهي الأجسام الوحيدة التى يمكن أن تتحرك بسرعة كافية تتيح لها التخلص من قوة الجاذبية والانطلاق من سطح النجم . وبما أن الالكترونات تحمل شحنة كهربية فسوف تصطدم بخطوط القوة المغناطيسية ولن يتاح لها الإفلات الا عند القطبين المغناطيسيين للنجم النترونى . وإذا كان القطبان المغناطيسيان يقعان على طرفين متقابلين من النجم ، فانهما لا ينطبقان بالضرورة مع طرفي محور الدوران (فالقطبان المغناطيسيان فى الأرض على سبيل المثال بعيدان تماما عن طرفي محور الدوران) .

ومع انطلاق الالكترونات من النجم النترونى وتحركها فى مسار منحني بشكل حاد تفرضه عليها خطوط القوة المغناطيسية ، تفقد بعض طاقتها فى هيئة دفعة اشعاعات من الميكروويف وأشياء أخرى . ومع دوران النجم النترونى يتقاطع أحد القطبين المغناطيسيين - وفى بعض الأحيان كلاهما - مع خط الرؤية مع الأرض وبالتالي تستقبل الأجهزة دفعة موجات ميكروويف كلما تكرر ذلك . إذن ، النجم النترونى الدوار له نبضات ، وكلما زادت سرعة دورانه ارتفع معدل النبض .

وبما أن الاشعاعات قد أعزيت الى الطاقة المفقودة من الالكترونات المحررة ، فلا بد أن تشمل كل المجال الطيفى المغناطيسى ، أى نتوقع وفقا لذلك رصد ومضات ضوئية ، على غرار الميكروويف ، منبعثة من النجم النترونى الدوار .

غير أن الضوء المنبعث من النباض الاشعاعى فى مركز سديم السرطان يبدو منتظما . ووفقا لهذا الفكر ، يمكن تفسير ذلك بأن النجم اذا كان يومض بمعدل ثلاثين مرة فى الثانية ، فسيبدو ضوءه منتظما تماما مثلما نرى الحركة متصلة فى أفلام السينما بينما هى فى واقع الأمر شريط من الكادرات الثابتة يعرض بسرعة ١٦ كادرا فى الثانية .

وفى يناير ١٩٦٩ ، أى بعد ثلاثة أشهر من اكتشاف النباض الاشعاعى فى سديم السرطان ، أجريت أبحاث على ضوءه باستخدام الستروبوسكوب وهو جهاز لقياس سرعة التردد . وتتلخص فكرة القياس فى اسقاط ضوء النجم على ثقب يفتح لمدة ١ على ٣٠ جزءا من الثانية أى انه تم تصوير النجم بزمان تعريض ضئيل للغاية فظهرت صور مضئنة

وأخرى معتمدة أى أن النجم يومض بمعدل ثلاثين مرة فى الثانية ، فهو بالتالى « بلسار بصرى » أو نجم ذو نبض بصرى .

وذهب جولد الى القول بأنه اذا كان توصيف النباضات الاشعاعية بأنها نجوم نترونية دوارة صحيحا ، فذلك يعنى أن النجوم النترونية تفقد طاقتها بشكل منتظم وبالتالي لابد أن يتضائل معدل الدوران تدريجيا مع الوقت ، وبالتالي لابد أن يتزايد تدريجيا الفاصل بين النبضات الاشعاعية . ولعلنا نتوقع أن يكون التغير ضئيلا بشكل متناه ولكن لما كانت النبضات بالغة الانتظام فان أى تغير مهما بلغت ضلّته يصبح قابلا للقياس .

نستنتج من ذلك أن النباض الاشعاعى فى سديم السرطان ربما كان يتحرك بسرعة ألف دورة فى الثانية اياه أن تكون على أثر الانفجار السوبر نوفا الذى وقع منذ تسعمائة عام . ولعله أيضا قد فقد طاقته بسرعة كبيرة ، فما كان لمعدل دورانه أن ينهار الى ٣٠ دورة فقط فى الثانية الا أن يكون قد فقد على مدى التسعمائة سنة الأولى من عمره ٩٧ فى المائة من طاقته . ووفقا لذلك الاعتقاد ، فما زالت مدة الدورة تطول وسرعة الدوران تقل بمعدل أبطأ وأبطأ .

وللتأكد من صحة تفسير جولد أجريت أبحاث دقيقة لقياس مدة الدورة الترددية للنباض الاشعاعى فى سديم السرطان وتبين بالفعل أن سرعة دورانه تقل وأن مدة الفاصل بين النبضات تزيد بواقع ٣٦ر٤٨ جزءا من بليون من الثانية كل يوم أى اذا استمر ذلك المعدل فان الفاصل سيتضاعف على مدى ٢٠٠ عام .

وقد اكتشفت بلسارات أخرى تتعرض لنفس الظاهرة ولكن بمدد تردد ابطأ من معدل بلسار سديم السرطان وبالتالي فان السرعة تقل بمعدل ابطأ . ولقد كانت مدة دورة أول بلسار يكتشف تعادل أربعين مثل نظيرتها فى بلسار سديم السرطان . وتبين أن سرعة دورانه تقل بمعدل من شأنه - لو استمر بنفس القدر - أن تستغرق مضاعفة مدة الدورة زمنا يصل الى ١٦ مليون سنة .

ومع تباطؤ سرعة دوران البلسار واستطالة مدة دورانه تتناقص شدة نبضاته . ومع مضي الوقت تتجاوز مدة الدورة أربع ثوان وتضعف قوة النبضات بدرجة لا تكفى لتمييزها عن تلك الواردة من الفضاء المحيط بالبلسار . وعلى ذلك يظل النباض الاشعاعى قابلا للرصد طالما أمكن تمييز نبضاته . ويرجح أن يستمر ذلك لمدة ثلاثة أو أربعة ملايين سنة .

غير أن ثمة حالة لم تنطبق تماما مع ذلك الوصف الواضح لتطور
البلسار . تتعاق تلك الحالة بالنباض الاشعاعى « المليثانية » المشار
اليه آنفا والذي يتم دورته فى زمن يربو قليلا على جزء من ألف من الثانية
ومن ثم فلا بد وأنه فى مراحله الأولى . غير أن كل خصائصه الأخرى
تدلل فى الواقع على انه بلسار ضارب فى القدم ، علاوة على أن مدة دورته
لا يبدو انها تطول بشكل ملموس .

ماذا يكون من أمره اذن ؟ ما الذى يجعله مستمرا فى الدوران بمثل
تلك السرعة ؟ لقد طرحت تفسيرات عدة فى ذلك الحين ويقول أقربها
الى المنطق بأن مثل ذلك النباض الاشعاعى تنتقل اليه أجزاء من نجم
شريك قريب فتزداد كتلته بما يزيد من سرعته .

أنواع الانفجارات

النوعان ١ و ٢

ولعل ما يبعث على الدهشة ، بل والسرور ، أن تشهد فترة من الزمن لاتتجاوز خمسة عشر عاما اكتشاف نحو ٤٠٠ نجم من نوع لولا أن لعبت الصدفة دورها في عام ١٩٦٩ لبقيت في عالم الغيب . ولكن من زاوية أخرى ، ينور سؤال في الأذهان ، لماذا العدد بهذه الضالة ؟

لو أن النجوم النترونية هي المآل الحتمى للانفجارات السوبر نوفا وان تلك الانفجارات تتكرر في مجرة درب اللبانة كل خمسين سنة ، ومع افتراض أن مجرتنا بعثت الى الوجود منذ ١٤ بليون سنة وان معدل الانفجارات السوبر نوفا ظل ثابتا طوال هذا الزمن ، فلا بد أن تكون المجرة قد شهدت ٢٨٠ مليون انفجار من هذا القبيل . الا معنى ذلك أن نتوقع وجود مثل هذا العدد من النجوم النترونية ؟ أى بواقع واحد لكل ٩٠٠ نجم تقريبا في المجرة ؟ لماذا يقف الرقم اذن عند أربعمائة فقط ؟

لو فكرنا في الأمر لوجدنا انه لا جدوى من الالتفات الى عمر مجرة درب اللبانة ببلايين السنين مادامت النجوم النترونية لا تبقى قابلة للرصد الالمدة أربعة ملايين سنة أو نحو ذلك . أى أن الغالبية العظمى من النجوم النترونية ستكون ضاربة في القدم بحيث لايمكن رصدها ، اما تلك التى تكونت على مدى الأربعة ملايين سنة الأخيرة فهى المجموعة الوحيدة التى يمكن أن تطلق نبضات اشعاعية على قدر من القوة يتيح استقبالها بأجهزتنا .

ولو اقتصرنا على السنين الملايين الأربعة الأخيرة لتناقص عدد ما يعيننا في هذا المجال من الانفجارات السوبر نوفا الى ثمانين ألفا وبالتالي نتوقع وجود ثمانين ألف نجم نتروني على أقصى تقدير في مجرتنا قابلة للرصد . ولما كانت سحب الغبار الفضائية تحجب الغالبية من تلك

السوبر نوبا ، فليس بوسعنا من الأرض أن نرى سوى الأقليسة منها .
غير أن سحب الغبار لا تحجب غير الضوء بينما تخترقها بسهولة موجات
الراديو ، وذلك يعنى أن التلسكوبات اللاسلكية يمكنها رصد الموجات
الميكروويف المنبعثة من النجوم النابضة حتى لو كان الانفجار السوبر نوبا
الأم متواريا لا ترصده التلسكوبات البصرية .

ولكن من ذا الذى يقول ان نبضات الميكروويف لا بد وأن تكون فى
اتجاه الأرض ؟ من المحتمل تماما أن يكون النجم النتروني بدورانه يطلق
موجات الميكروويف واشعاعات أخرى فى دائرة لا تصل الى أى نقطة فى
الأرض . ولا تتيح لنا التقنيات الحالية رصد مثل ذلك النجم النتروني
مهما بلغت طاقته .

وعلى ذلك فلو اننا اعتبرنا عدد النجوم النترونية التى يقل عمرها
عن أربعة ملايين سنة والتى تنبعث منها الاشعاعات فى اتجاه الأرض
لوجدناه حوالى ألف (بعض النظر عن أن البعض الأكثر تقاؤلا من علماء
الفلك يقدررون عددا أكبر من ذلك بكثير) .

ولا بد أيضا من الأخذ فى الحسبان أن الانفجارات السوبر نوبا
لا تقضى كلها بالضرورة الى تكون نجم نتروني وذلك من شأنه أن يقلل
مرة أخرى عدد ما يمكن رصده من تلك النجوم . ولعل الأمر يبدو الآن
(وان كان فى ذلك مسحة تشاؤمية فى نظر البعض) أننا تقترب من
الحد المذكور لعدد ما يمكن أن نكتشفه من نجوم نترونية .

وبدراسة ما شهدته مجرتنا من انفجارات سوبر نوبا منذ أن بدأ
زويكى أبحاثه فى الثلاثينات من القرن الحالى استطاع علماء الفلك التمييز
بين تلك الانفجارات من خلال الاختلافات فى منحنيات الضوء وخصائص
أخرى . ومن المتفق عليه حاليا أن الانفجارات السوبر نوبا تنقسم الى نوعين
يرمز اليهما عادة بـ أ ، ب .

النوع أ . يتسم بقدر أكبر من شدة الاضاءة حيث تصل قيمتها
المطلقة الى ١٨٦ - ، أو ما يعادل ٢٥ بليون مثل شدة اضاءة شمسنا .
ولو أن مثل هذا السوبر نوبا يقع على نفس مسافة رجل الجبار من الأرض
لبلغ بريقه فى ذروته حوالى واحد على سبعة من بريق الشمس . أما النوع ب
فهو أقل ضوياً حيث لا يتجاوز بريقه مليون مثل شدة بريق الشمس .

الفارق الثانى يتمثل فى أن النوع أ ، ما أن يبلغ ذروة بريقه
وينتهى عنها ، فانه يافئ بأسلوب بالغ الانتظام ، بينما يتسم افول
النوع ب بعدم الانتظام .

الفارق الثالث ناجم عن دراسة التحليل الطيفي لكل منهما .
فبينما يوضح تحليل النوع أ ندرة الهيدروجين نجد النوع ب غنيا
بالحيدوجين .

اما الفارق الرابع فيتعلق بالموقع . فالانفجارات السوبر نوبا من
النوع ب يقع معظمها فى المجرات الحلزونية ، بل وفى أذرع تلك المجرات .
أما النوع أ فيتسم بقدر أكبر من العمومية من حيث موقع الانفجار
فهو لا يقتصر على الأذرع الحلزونية بل يقع أيضا فى القطاعات المركزية
من المجرات الحلزونية والمجرات البيضاوية كذلك .

والفارق فى موقع السوبر نوبا ينبه مباشرة الى دلالة مهمة ،
فالمجرات البيضاوية تعد الى درجة كبيرة خالية من الغبار ، ونجومها
صغيرة نسبيا فى مجموعها ، لا تكاد فى أقصى تقدير تزيد فى حجمها
على شمسنا وعمرها يناهز أو يعادل عمر المجرة . ينسحب ذلك أيضا على
المناطق المركزية من المجرات الحلزونية .

أما أذرع المجرات الحلزونية فهى مرتع للغبار كما انها تعد موقعا
للعديد من النجوم « الفتية » الثقيلة على نحو ما سنبين فيما بعد .

وعلى ذلك ، فالنوع أ من السوبر نوبا لا بد وأن يتعلق بنجوم تعادل
فى كتلتها كتلة الشمس أو تزيد عليها قليلا . أما النوع ب فلا بد وأن
يتعلق بنجوم ثقيلة تبلغ كتلتها على أقل تقدير ثلاثة أمثال كتلة
الشمس ، بل ربما زادت على ذلك كثيرا فى بعض الحالات .

وكالما زادت كتلة النجم كان أقل شيوعا . ولقد وجد أن
النجوم الصغيرة نسبيا التى يشملها النوع أ من السوبر نوبا تفوق عدديا
عشرة أمثال النجوم الثقيلة التى يشملها النوع ب . ومن ثم فلننا نتوقع
أن يكون النوع أ من الانفجارات السوبر نوبا أكثر شيوعا من النوع ب
بنفس النسبة .

لكن الأمر غير ذلك ! فالنوعان متساويان فى درجة شيوعهما .
نستنتج من ذلك أن النجوم الصغيرة لا ينتهى بها المآل كلها الى سوبر نوبا
من النوع أ ، بل نسبة ضئيلة منها فقط . ومن ثم فالمواصفات اللازمة
لتحول نجم الى سوبر نوبا من النوع أ تعد أدق مما كنا نتصور . فلم يعد
الأمر يتعلق بمجرد حجم يناهز حجم الشمس ولكن بنسوع خاص من
النجوم فى مثل ذلك الحجم .

وعند ذلك الحد لا بد أن نتناول الاختلافات فى الخصائص الكيميائية
بين النوعين من السوبر نوبا . ان النوع أ نجد منه تقريبا الهيدروجين

وذلك يعنى انه فى النهايات الأخيرة من مراحله • فلو أن نجما صصار بلا هيدروجين ، وأصبح بدلا من ذلك غنيا بالكربون والاكسجين والنيون فهو بلا جدال متقزم أبيض • وبالتالى نستنتج أن السوبر نوبا من النوع ١ لا بد وأن يتعلق بانفجار متقزمات بيضاء •

ولو أن المتقزمات البيضاء ظلت بمعزل عن التأثيرات الخارجية لما انفجرت ولبقيت مستقرة على حالها • ولكن ، وكما تعلم ، فالمتقزمات البيضاء ليست فى كل الأحوال معزولة • فهى فى بعض الأحيان طرف فى نجم ثنائى متقارب • وفى هذه الحالة ، وعندما يمر قرين المتقزم الأبيض بمرحلة العملاق الأحمر تتطايّر كتل منه لتكون قرصا متناميا تنتقل أجزاء منه بصفة دورية الى المتقزم الأبيض •

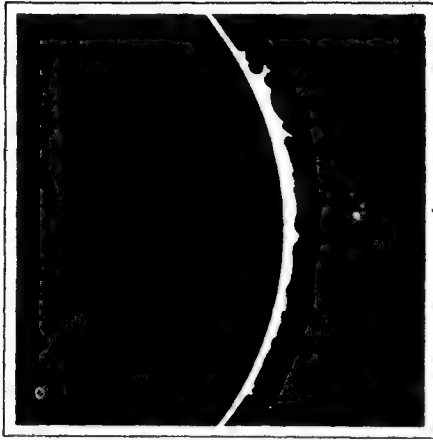
ولقد أوضحنا آنفا أن المادة المنقولة بشكل دورى الى المتقزم الأبيض تتعرض للتسخين والانضغاط لدرجة تصل بها الى مرحلة الاندماج النووى ، فيحدث انفجار هائل يدفع القرص المتنامى بعيدا • أما عن بريق المتقزم الأبيض فيتضاعف بصفة مؤقتة أضغافا كثيرة مكونا ظاهرة النوبا التى نراها من الأرض ، وتكرر تلك العملية على فترات قد تكون طويلة أو قصيرة •

وكلما تكررت تلك السلسلة فان جزءا من كتلة القرص المتنامى يتعلق بالمتقزم الأبيض فتزداد كتلته بشكل تدريجى •

ولكن ماذا سيكون من أمر المتقزم الأبيض لو أن كتلته زادت بدرجة كبيرة ، وبلغت على سبيل المثال ١.٣ كتلة الشمس ؟ ثم ماذا سيكون من أمره لو أن قرينه كان مستقلا لدرجة أن يشكل عند تمده عملاقا أحمر متعاطلم الحجم بحيث يكون معدل ما يلفظه من مادة الى مجال جاذبية المتقزم الأبيض أكبر من المعتاد ؟ وماذا لو اجتمعت الحالتان معا ؟

فى مثل هذه الأحوال تزداد كتلة المتقزم الأبيض بسرعة حتى تتجاوز حد شاندراسيخار (١.٤٤ مثل كتلة الشمس) وبالتالى يفقد القدرة على الاحتفاظ بعائلته •

ويتعرض المتقزم الأبيض للانقباض بسرعة هائلة ويضغط بشدة نويات الكربون والاكسجين • وتحدث عملية اندماج نووى شاملة وخاطفة بما يسبب انفجارا مروعا يشع على مدى بضعة أسابيع كمية من الطاقة تعادل كل ما ولدته الشمس منذ أن بعثت الى الوجود قبل بلايين السنين • ويمكن القول بإيجاز ان ما ينتج عن انقباض المتقزم الأبيض واندماج مادته نوويا ليس مجرد انفجار نوبا ولكن سوبر نوبا من النوع ١ •

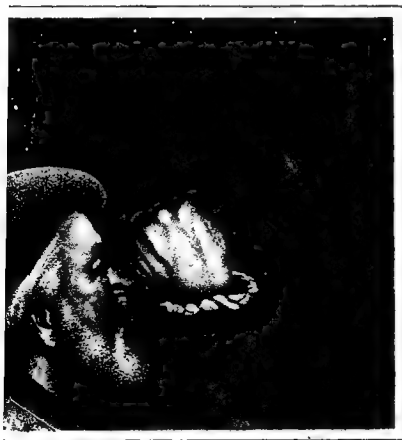


لم يكن لدى القماماء فكرة
في ضخامة حجم الشمس،
حتى بعد أن توصلوا إلى
تقدير لحجم القمر .

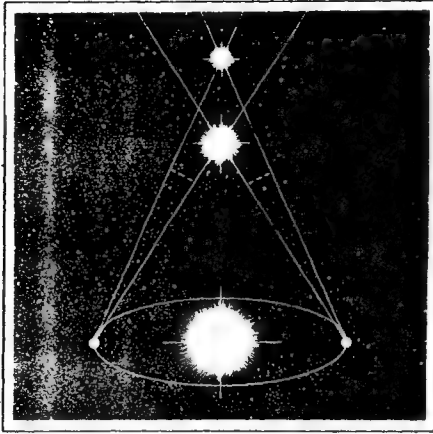


٢ - وأخيراً واثت هيبارخوس
فكرة وضع خريطة للنجوم.

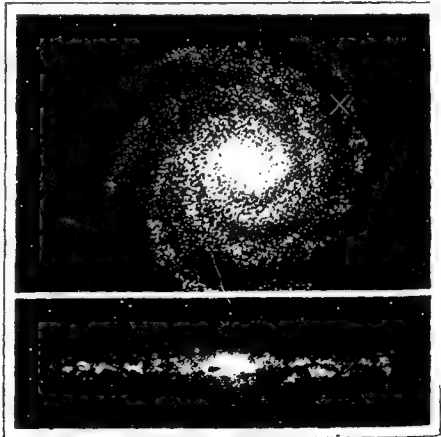
٣ - ينكر وقد روعه ظلم
جديد في السماوات الم



٤ - جاليليو ينظر إلى السماء
من خلال التلسكوب الصغير
الذي اخترعه , ليرى ما لم
يراه أحد من قبل.



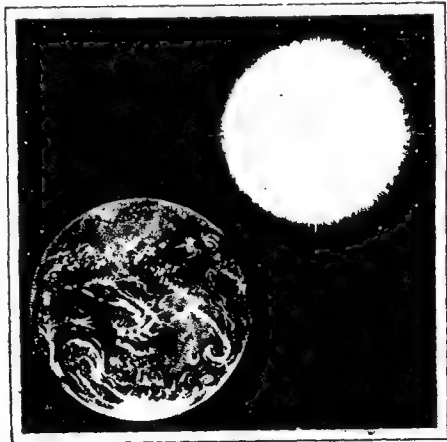
بالرصد من الطرف الأيمن
أو يظهر النجم الأقرب إلى
أول قليلا من النجم الأبعد.
رصد النجمان من الطرف
مر للمدار فسيظهر النجم
الأقرب إلى اليمين قليلا من
النجم الأبعد.



٦ - أننا نشكل طرفاً في دوامة
ضخمة من النجوم، ولكن ليس
يوسمنا أن نرى بالعين المجردة
إلا القليل في الجوار المتاخم لنا.



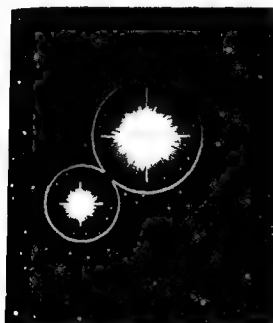
٧ - التحليل الضوئي لاشعة
الشمس وتحولها إلى قوس قزح
- مواد عهد جديد للبصرييات.



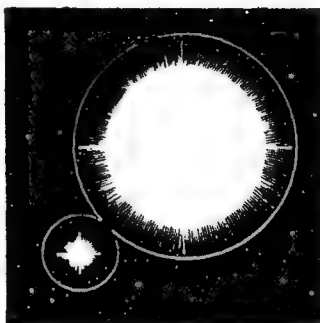
٨ - النجم وحجم الكوكب
المتقزم الأبيض.



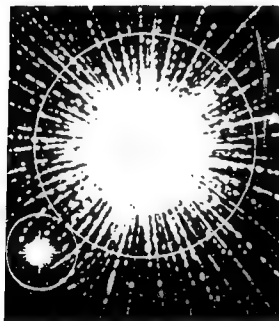
٩ - النجم المروع - العملاق الأحمر (لاحظ حجم الشمس في الزكن السفلى
اليسار من الصورة).



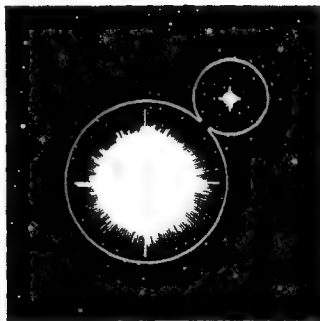
1



2



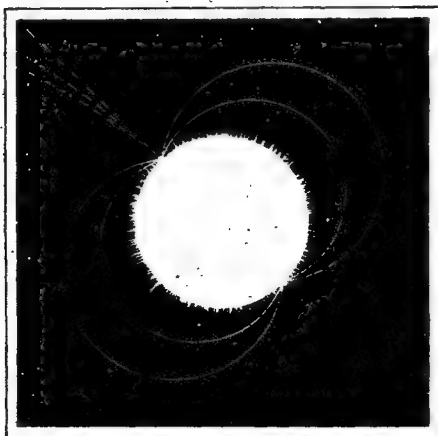
3



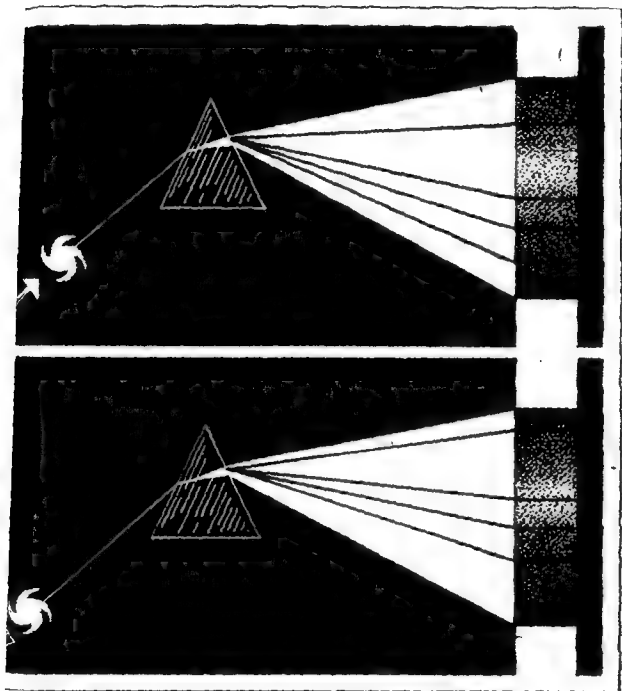
4

١٠ - التفاعل بين نجمين في ثنائي متقارب، ينمو أحدهما على حساب الآخر هذا ما حدث على الأرجح في حالة الشمرى اليمانية.

١١ - النجم النوراني ومدى
ضلالتة بالنسبة للقمر.



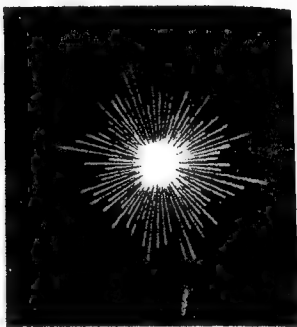
١٢ - النجوم النورانية
الدائرة تصدر موجات
مزدوجة من الميكرويف
ترصدنا أحيانا على
الأرض.



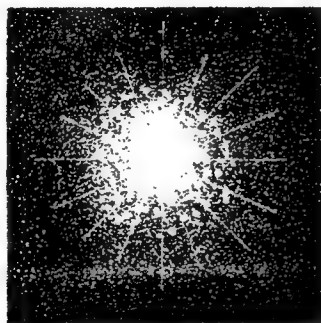
١٣ - يوضح التحليل الدقيق لضوء النجوم ما إذا كان النجم يقترب أم يبتعد وبأي سرعة.



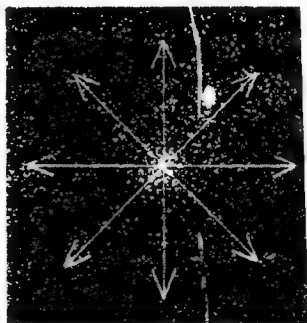
1



2

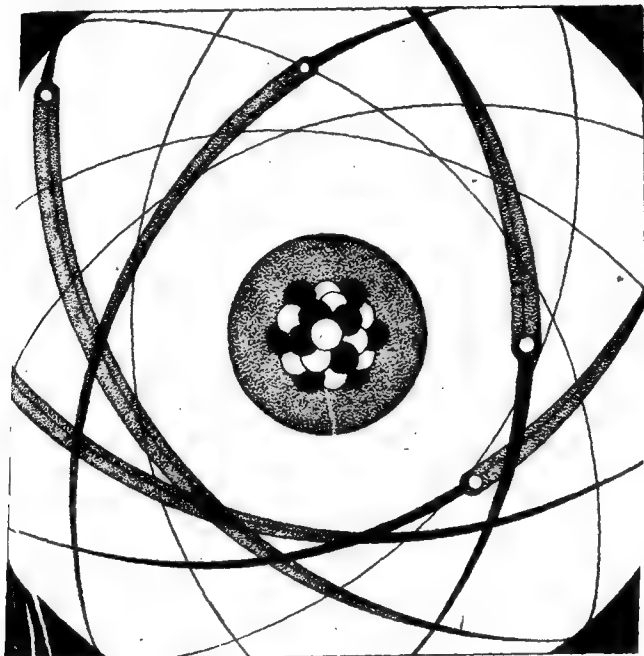


3



4

١٤ - «الانفجار العظيم» هو أضخم انفجار يخطر على البال، ومن المرجح أنه، في غضون جزء من الثانية، أسفر عن بحث الكون بحجم يكاد يكون هو نفس حجمه الحالي



١٥ - النواة المركزية تحتوي على البروتونات والنيوترونات، بتراصة مضغوطة. أما الإلكترونات فهي موجودة في مدارات حول النواة. به ذا رسم تخطيطي للنواة، حيث أنه لا يمكن رسم شكلها الحقيقي لأنه لا يماثل أي شيء معروف.

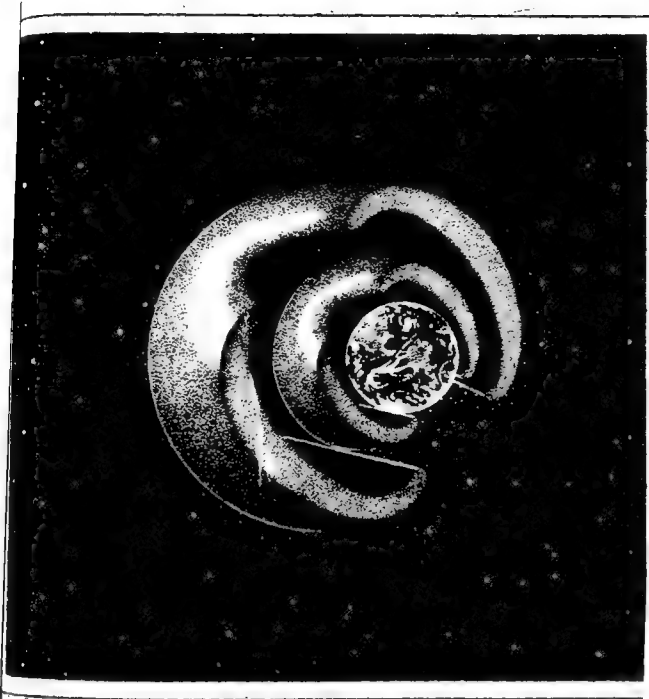


الوهج الشمسي

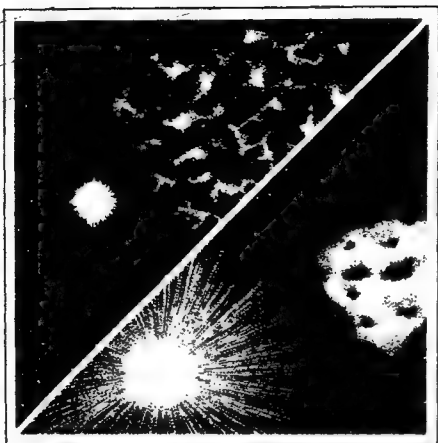


:الشواظ الشمسي؛

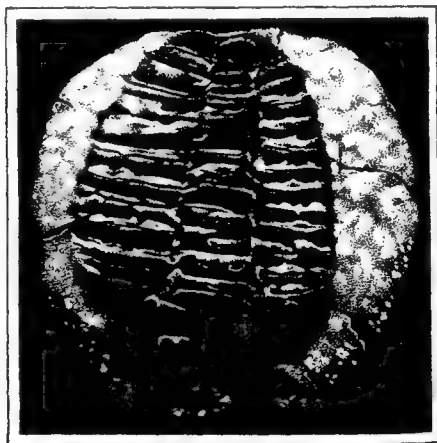
١٦ - الوهج الشمسي هو أكثر الظواهر تاججا على سطح الشمس وقد يكون من الشدة بحيث يشعر به البشر على الأرض. أما الشواظ الشمسي فهو أقل تاججا من الوهج ولكنه أكثر إبهاراً



١٧ - صورة مقطعية تمثل الجسيمات ذات الشحنة الكهربائية تحت تأثير المجال المغناطيسي للأرض. تلك الجسيمات لم تكن مرئية أو تفسد على الجبال حتى عصر إطلاق الصواريخ.

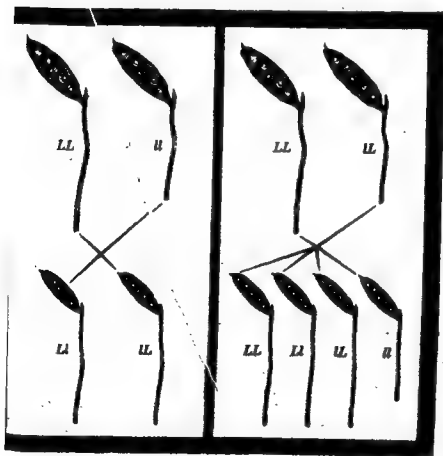


١٨ - الانفجار السوبرنوفا
الضخم هو نقطة البداية
لمعملية تكون النجوم.

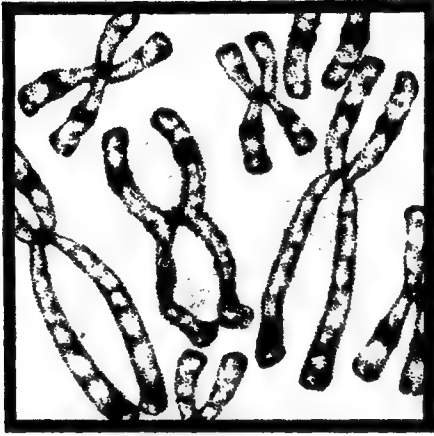


١٩ - حفرة كائن حجري مات
منذ نصف مليون سنة.

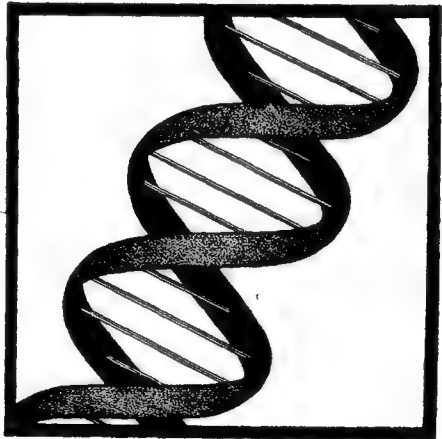
٢٠ - طبقة الأوزون طبقة رقيقة
ورقيقة ولكنها تؤدي دوراً حيوياً
في حماية الحياة من الأشعاع
الكونية (هذه الأبعاد توضيحية
وليسست وفقاً لقياس رسم).



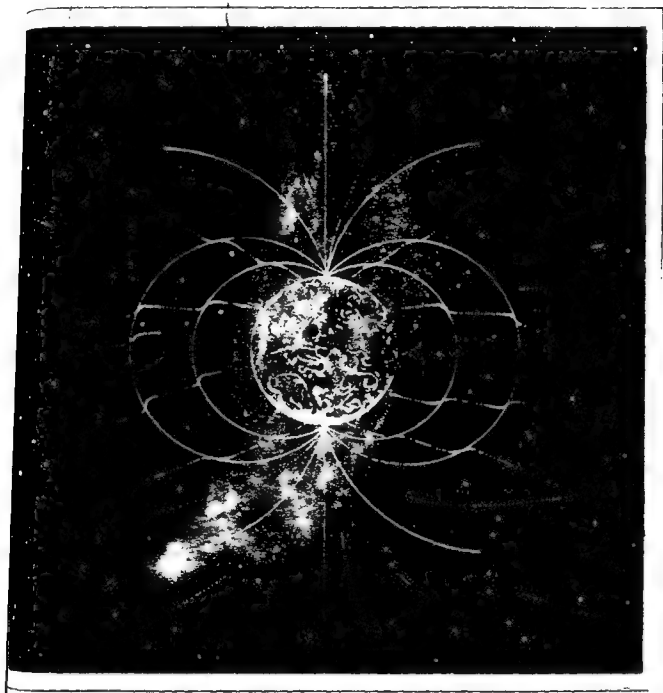
٧١ - اكتشاف مثلث قوانين
الوراثة والجينات. أنها من
البساطة بحيث يفهمها أي
إنسان ولكنها لم تحظى
باهتمام أحد قبله.



٢٢ - الكروموزومات - تلك
الأجسام الخشيلة التي تحتوي
على ملامح الحياة.



٢٣ - الكروموزومات وخلاية حمض
النوكسيك يورنو كليك (د. ن. ا)
أنها بصمة الحياة.



٢٤ - المجال المغناطيسي للأرض رغم أنه أضعف من طبقة الأوزون إلا أنه يشكل
حماية قوية.

ان مثل ذلك الانفجار من شأنه أن يفتت النجم تماما فلا يبقى
لا يذر ، لا متفرد أبيض ولا نجم نثروني ولكن سحب دوامة ممتدة من
الغاز والغازات • وعلى الأرجح فإن النوا الذي رصده تيكو عام ١٥٧٢
ذلك الذي رصده غيلر في ١٦٠٤ كانا سوور نوا من النوع أ ، ولم يتم
في الحاليتين رصد نجم نثروني في موقعيهما ولا شيء غير السديم •

أما الانفجار السوور نوا من النوع ب فهو يشكل أيضا نهاية
المواريض بعض النجوم غير أنها تحدث في مرحلة مبكرة عن النوع أ ، حيث
يقع ذلك الانفجار عندما يصل النجم الى مرحلة العملاق الأحمر ، مع أنه
يكون في هذه الحالة ثقيلًا ، تعادل كتلته ثلاثة أو أربعة أمثال كتلة
شمسنا • وكلما كان النجم أكثر كتلة كان العملاق الأحمر أكبر حجمًا •

ويتسم العملاق الأحمر ذو الحجم الكبير بأنه يتكون من طبقات مثل
ثمرة البصل ، وبأن طبقاته الخارجية لا تزال تتكون من الهيدروجين
والهيليوم ، ذلك الخليط الذي يميز النجم العادي في مرحلة الطور
الرئيسي • على تلك الطبقة للداخل غلاف يتكون من نويات ذرات أكثر
كتلة مثل ذرات الكربون والنيتروجين والأكسجين والنيون • ثم يأتي
غلاف ثالث غني بنويات الصوديوم والألمنيوم والمغنسيوم ، فغلاف رابع
ثري بنويات الكبريت والكلور والأرجون والبوتاسيوم • وعند مركز النجم
يوجد غلاف خامس غني بنويات الحديد والكوبلت والنيكل •

والملاحظ أن كل غلاف يتكون من نويات ناجمة عن اندماج النويات
الأقل تعقيدًا في الغلاف المحيط به من الخارج والتفاعلات مستمرة على
حدود كل غلاف ، عدا في مركز النجم حيث تتوقف لدى تكون نويات
الحديد والكوبلت والنيكل • وأي تفاعل نووي إضافي يتعرض له تلك
النويات سواء كان اندماجيا أو انشطاريا لا يولد طاقة بل على العكس
يتمص طاقة •

ومع تزايد حجم الحديد في مركز العملاق الأحمر يصل النجم الى
مرحلة لا يقدر فيها على توليد القدر الكافي من الطاقة ليبقى متمددًا ،
فتنقبض الطبقات الداخلية بشدة بالغة فتتحرر طاقة الجاذبية مسببة
انفجار الطبقات الخارجية من ناحية ، وتناجح عمليات الاندماج النووي
بين نوياتها من ناحية أخرى فيتحرر مزيد من الطاقة • وتلك الطاقة هي
التي تشكل سمات الانفجار السوور نوا من النوع ب وهي أيضا التي
تفسح المجال للتفاعلات النووية التي تمتص الطاقة •

أما الجزء المركزي المنقبض الناجم عن انفجار سوبر نوبا من هذا القبيل فمن شأنه أن يتحول مباشرة إلى نجم نتروني حتى لو كانت كتلته (بعد استبعاد الطبقات الخارجية المتفجرة) صغيرة بما يتبع تكون متقزم أبيض ، فالانقباض في هذه الحالة يكون فائق الشدة بحيث يتحول الضلاق الأحمر إلى نجم نتروني دون المرور بمرحلة المتقزم الأبيض .

الثقوب السوداء

بل أنه من الوارد أيضا ألا يسفر انفجار سوبر نوبا من النوع ب عن تكون نجم نتروني .

فبينما كان أوبنهايمر يدرس نظريا في عام ١٩٣٩ النتائج المترتبة على تكون النجوم النترونية تطرق بالبحث إلى التبعات المتوقعة نتيجة زيادة كتلة النجم . ومن البديهي أنه كلما زادت كتلة النجم اشتدت قوة جاذبيته . ولو أن الكتلة تجاوزت ٣.٢٢ مثل كتلة الشمس فإن قوة الجاذبية ستزداد للدرجة أن تشكل ضغطا فائقا لا تقوى على تحمله حتى النترونات المتلاصقة ، فتنبض تلك النترونات ويتقلص النجم النتروني فتزداد كثافته وبالتالي تشتد قوة جاذبيته أكثر فأكثر وتستمر عملية الانقباض بسرعة متزايدة .

وهكذا فما أن تبدأ عملية انقباض النترونات فلا يوجد على حد علمنا سبيل لوقفها . هذا ما بدا لأوبنهايمر في ذلك الحين وهذا ما يبدو أيضا اليوم لعلمائنا . وكل ما يمكن أن يقال في هذا المجال أن الضغط يستمر في التزايد إلى ما لا نهاية ويتوالى تقلص النجم حتى يقترب من درجة الفناء ، ومن ثم ترتفع كثافته إلى ما لا نهاية .

ولا يعني ذلك أن المسألة مقصورة على مجرد نجم نتروني يتقلص وتزداد كثافته بشكل مضطرد ، فمع استمرار الانقباض يحدث تغير مهم .

ولفهم طبيعة ذلك التغير فلنتخيل أولا أن رجلا قذف شيئا ما لأعلى . وتحت تأثير الجاذبية الأرضية ، التي تشد هذا الشيء نحو الأرض ، تنخفض سرعته تدريجيا إلى أن يتوقف ثم يهوى .

ولو أن قوة الجاذبية لا تتغير مع الارتفاع لتساوى الأمر مهما كان من سرعة الإطاحة بذلك الشيء في البداية . فذلك الشيء ، سواء ارتفع إلى مائة متر أو مائة كيلومتر أو حتى مائة ألف كيلومتر ، ستؤول سرعته في النهاية إلى صفر ثم يهوى إلى أن يعود إلى الأرض .

غير أن قوة الجاذبية الأرضية ليست ثابتة مع الارتفاع ولكن تقل
بنسبة مربع المسافة حتى مركز الأرض .

ويبعد سطح الأرض عن مركزها بمسافة ٦٣٧٠ كم (٣٩٥٠ ميلا) .
ولو اعتبرنا نقطة ترتفع عن سطح الأرض بمسافة ٦٣٧٠ كم أي أن
المسافة من مركز الأرض قد تضاعفت لوجدنا أن قوة الجاذبية الأرضية
قد انخفضت الى ربع قيمتها على سطح الأرض . ويستمر تناقص قوة
الجاذبية على هذا النحو كلما ازداد الارتفاع بحيث لو أن جسما يقع على
مسافة تعادل ارتفاع القمر لتعرض لقوة جاذبية تساوى $\frac{1}{35}$ مما كان
سيتعرض له على سطح الأرض .

وعلى ذلك فلو أن جسما قد أطلق لأعلى بسرعة كافية فيمكن أن
يتغلب على الجاذبية الأرضية . صحيح أنها ستعمل على إبطائه غير أنها
سرعان ما ستفقد قوتها مع استمرار الجسم في شق طريقه لأعلى ولن تتمكن
من إيقافه ، وبذلك يفلت الجسم من مجال الجاذبية الأرضية ليدور في
الفضاء الى ما لا نهاية . غير انه ربما بقي في مجال جاذبية أجرام أكثر
ثقلًا من الأرض - كالشمس مثلا - وقد يصادف أجراما أخرى خلال
تجواله في الفضاء فيلتصق بها أو يتخذ مدارا حولها .

ولقد عرفت « سرعة الإفلات » بأنها الحد الأدنى للسرعة التي يمكن
أن يطلق بها جسم من الأرض ليفلت بالكاد من مجال جاذبيتها . وتقدر
تلك السرعة بالنسبة للأرض ب ١١.٢ كم (٦.٩ ميلا) في الثانية .

وكلما ازداد الجرم ثقلا ، تعاظمت قوة جاذبيته ، واقتضى التغلب
على مجال جاذبية ذلك الجرم ، سرعة افلات أكبر . وتقدر سرعة الإفلات
على سطح كوكب المشتري ب ٦٠.٥ كم (٣٧.٥ ميلا) في الثانية أما على
سطح الشمس فتقدر ب ٦١٧ كم (٣٨٣ ميلا) في الثانية .

ولو أن نجما تعرض للتعطل فان قوة الجاذبية على سطحه تشتد
بشكل مطرد مع اقتراب السطح من المركز ، حتى لو لم تتغير كتلته
الاجمالية ، وعلى سبيل المثال فالشعري اليمانية ب ، وهو أول متقدم
أبيض يتناوله علماء الفلك بالبحث ، كتلته تعادل تقريبا كتلة الشمس
ولكن سطحه أقرب كثيرا الى مركزه من حالة الشمس ، وبالتالي فان قوة
الجاذبية على سطحه تفوق بدرجة كبيرة نظيرتها على الشمس ، ولذلك
تصل سرعة الإفلات على مسطح الشعري اليمانية ب الى ٤٩٠٠ كم
(٣٠٣٨ ميلا) في الثانية .

وكلمة ارتفعت سرعة الافلات من جرم لآخر ازادت صعوبة انفصال
أى جسم عن ذلك الجرم وبالتالي تضائل ذلك الاحتمال .

وفي الربع الأخير من القرن الحالي طور الانسان الصواريخ لتنتقل
بسرعات تكفى للتغلب على الجاذبية الأرضية ولكن لو ارتفعت الجاذبية على
سطح الأرض لتصل الى قيمة نظريتها في المشتري (دون أن يمس
الانسان ضر) لما كفتنا خبراتنا التكنولوجية لاطلاق صواريخ الى الفضاء .

ولمهما يتعلق بالنجوم النترونية ، فلو أن أحدها يعادل الشمس في
كتلته لبلغت سرعة الافلات على سطحه مائتي ألف كم (١٢٤ ألف ميل)
في الثانية . وعند ذلك الحد ، لا يقتصر الأمر على مجرد عجز الإنسان
بخبراته الحالية ، بل ثمة شبه استحالة أن ينطلق أى شيء من مثل ذلك
السطح . والأجسام الوحيدة التي يمكن بطبيعتها أن تتحرك بسرعة
تتيح بها الانطلاق من سطح نجم نتروني لابد وأن تكون جزئيات ذات
طاقة هائلة وكتلة ضئيلة أو بلا كتلة على الإطلاق ، وتتوافر تلك السمات
في الالكترونات التي تكون الضوء والاشعاعات المماثلة .

ولو أن نجما نترونيا انقبض ، فان قوة جاذبيته ستتضاعف بلا حدود
كذلك سرعة الافلات على سطحه . وعند حد معين تصل سرعة الافلات الى
ثلاثمائة ألف كم (١٨٦ ألف ميل) في الثانية . وتلك هي سرعة
الضوء في الفراغ وهي السرعة التي قال عنها العالم الألماني المولد البرت
اينشتين (١٨٧٩ - ١٩٥٥) في عام ١٩٠٥ انها أقصى سرعة في الكون ،
ولا يمكن لشيء له كتلة أن يبلغ تلك السرعة ، بل حتى الجزيئات التي
لا كتلة لها لا يمكن أن تتجاوزها .

معنى ذلك أن النجوم النترونية المتقلصة اذا بلغت تلك المرحلة ،
فلا يمكن لأى شيء أن ينفصل عنها (الا في بعض الظروف النادرة
التي لا تعيننا في هذا المجال) ، وأى شيء يرتطم بمثل تلك النجوم
فكانه قد وقع في ثقب لاقاع له ولا سبيل مطلقا للفكاك منه ، بل حتى
الضوء لا يمكن أن يفلت منه ، ولقد استخدم العالم الأمريكي
جون ارشيبالد ويلر (١٩١١ -) لفظ الثقب الأسود للدلالة عليه
ومازال ذلك اللفظ مستخدما حتى الآن .

يستتبع ذلك إذن ، انه لو زادت الكتلة المركزية الناجمة عن انفجار
سوبر نوفا عن ٣.٢ مثل كتلة الشمس فانها ستعرض لانقباض سابق
يؤول بها الى ثقب أسود ، فلا متقزم أبيض ولا نجم نتروني .

وهكذا ، فاذا كانت الانفجارات السوبر نوفا من النوع ب كثيرا
ما تؤول الى نجوم نترونية ، فكثيرا أيضا ما تؤول الى ثقب سوداء .

وبالتالى • وبما كانت النجوم النيترونية لا تتجمد الا عن نوع واحد من الانفجارات السوبر نوفا ، بل وليس فى جميع الأحوال ، فليس لنا أن نندمى لكون عدد النجوم النابضة اقل مما يوحى به عدد السوبر نوفا •

ويعتبر رصد الثقوب السوداء من الأمور شبه المستحيلة • وذلك وجه اختلاف عملي مهم يميزها عن النجوم النيترونية •

وإذا كانت الموجات الاشعاعية التى تنبعث من النجم النيترونى تتجمد برصده بشئ من اليسر ، فما من شئ ذى بال ينبعث من الثقوب السوداء ، ولا أى نوع من الاشعاع • ومن ثم لا تصلح التقنيات العادية المستخدمة مع الاجرام الأخرى فى رصد الثقوب السوداء المعزولة •

ولذلك فلا مجال لأن نرصده ثقبا أسود معزولا الا لو كان على درجة كافية من الثقل والقرب من الأرض ، أو كليهما معا ، تتيح له التأثير على مجال الجاذبية • ومن الوارد نظريا أن يكون ثمة ملايين من الثقوب السوداء فى مثل كتلة النجوم العادية ومنتشرة فى المجرة دون أن ندرك أو نعى •

غير أن بعض الاشعاعات يمكن أن تنبعث من جوار الثقب الأسود ان لم يكن من الثقب ذاته • ولا يمكن فى الواقع أن يكون الثقب الأسود معزولا بشكل مطلق • فغالبا ما توجد أجسام على مقربة منه حتى لو اقتصر الأمر على شعيرات الغبار والذرات الموجودة فيما بين النجوم والكواكب فى الفضاء ، والجزيئات التى تقترب من الثقب الأسود ، حتى لو كانت مسحة عشوائية ، فانها تتخذ مدارا حوله فى اطار قرص متنام • وشيئا فشيئا تعرج داخل الثقب وتطلق اشعاعات سينكروترونية على هيئة أشعة سينية •

غير ان الأشعة السينية المنبعثة من ثقب أسود لا يحيط به سسوى المادة السابحة فى الفضاء تكون من الضعف بحيث يصعب رصدها ان لم يكن مستحيلا وبالتالي فهى لا توفر أى معلومة مفيدة •

ومع ذلك فلنفترض وجود الثقب الأسود بجوار مصدر كبير للمادة بحيث تعرج بشكل منتظم كتل كبيرة منه الى داخل الثقب بما يفسح المجال لانطلاق أشعة سينية قوية • ان ذلك ليحدث لو اننا بصدد ثنائى متقارب من ذلك القليل الذى من شأنه - لو أن أحد طرفيه متقزم أبيض - أن يسفر عن وقوع انفجار نوفا أو سوبر نوفا من النوع أ •

ولو كان أحد طرفى الثنائى ثقباً أسود فلا مناص من وقوع انفجار • اذ مع استمرار انتقال المادة الى الثقب الأسود ستزيد كتلته

وبجلا قيود . غير أن الأشعة السينية الناجمة عن تلك العملية مستبعدت باستمرار من مكان لا يمكن رؤية شيء فيه .

ولذلك فقد تركز اهتمام علماء الفلك بمصادر الأشعة السينية .

وفي عام ١٩٧١ رصد القمر الصناعي أوهورو المجهز لاستقبال الأشعة السينية تقريبا غير منتظم في أحد المصادر القوية لتلك الأشعة . وبعث ذلك على الاعتقاد بأن المصدر المعنى ليس نجما نترونيا ويرجع في نفس الوقت احتمال أن يكون ثقباً أسود .

وسرعان ما تركز الاهتمام على ذلك المصدر ورصدت موجات لاسلكية تبعث منه وسجلت بدقة بالغة . ويقع ذلك المصدر على مقربة من نجم مرئي يرمز له في السجلات برمز اتش . دى ٢٢٦٨٦٨ . وهو نجم ساخن ، ضخيم الحجم وساطع ، يعادل نحو ثلاثين مثل الشمس في كتلته . وقد تبين بالفحص الدقيق أن ذلك النجم ثنائي يتحرك في مدار تستغرق دورته ٦٥ يوما . ويستنتج من طبيعة المدار أن الطرف الآخر في الثنائي تتراوح كتلته بين خمسة وثمانية أمثال كتلة الشمس .

لكن النجم القوين غير مرئي رغم أنه مصدر قوي للأشعة السينية . وما دام غير مرئي ، فلا بد أنه بالغ الضالة . ولما كانت كتلته كبيرة بدرجة تتجاوز المتقزم الأبيض أو النجم النتروني يتجه التفكير إلى أن يكون ثقباً أسود .

علاوة على ذلك تشير الدلائل إلى أن النجم اتش . دى ٢٢٦٨٦٨ يتعرض للتمدد بما يبعث على الاعتقاد بأنه مقبل على مرحلة الصلاق الأحمر . وبالتالي يرجح أن بعض كتلته تنفصل منه وتخرج إلى قرينه الثقب الأسود . وربما كان القرص النامي حول ذلك الثقب هو مصدر الأشعة السينية .

ولو سلمنا بأن قرين النجم اتش . دى ٢٢٦٨٦٨ ثقب أسود (والأدلة مازالت غير مباشرة) فلا شك أنه من رواسب انفجار سوبر نوفا سابق .

الكون المتمدد

ورغم أن السوبر نوفا انفجارات هائلة ، تفوق بمراحل حد الخيال ، فإنها ليست أعظم انفجارات كونية ، فمن المجرات ما يعرف « بالمحرات النشطة » وتتميز بأن جوفها بأكمله متفجر بما يولد كميات ضخمة من

الطاقة على فترات زمنية طويلة تتجاوز كثيرا ما ينجم عن السوبر نوبا .
وليس ذلك بنهاية المطاف .

وقبل أن نمضى الى أبعد من ذلك ، الا يصحح أن نبدأ فى بحث
ما يمكن أن يكون للانفجارات السوبر نوبا من تأثير علينا .
ولعلنا نتساءل : هل للانفجارات السوبر نوبا أى تأثير علينا ؟
هل ذلك من خصائصها ؟

انه ليبعدو للوهلة الأولى انها لاتعطينا فى الواقع باى شكل من
الأشكال ، فكسور ضئيلة من اعداد النجوم الموجودة منذ الأزل تتعرض
لانفجارات نوبا أو سوبر نوبا ولا يلوح فى المستقبل القريب أى احتمال
لأن يتعرض نجم قريب منا لمثل تلك الانفجارات .

ولو أن شمسنا من ذلك النوع من النجوم التى يمكن أن تتحول فى
يوم من الأيام الى نوبا أو سوبر نوبا لاستحوذ ذلك على اهتمامنا بشئ من
الانبهار المشوب بالفزع ولكن شمسنا فى مأمن من ذلك . فلا هى تقبلة
بالقدر الذى يعرضها لانفجار سوبر نوبا من النوع ب ولا هى طرف فى
ثنائى متقارب ومن ثم قلن تتحول الى سوبر نوبا من النوع أ ولا حتى الى
أى نوع من أنواع النوبا العادية .

ولعلنا من المنطقي القول بأنه من المستبعد أن يكون أى من النجوم
القابلة للانفجار مصحوبا بكوكب تقوم عليه حياة عاقلة .

فالنجوم التى تتسم بقدر من الكتلة يتيح تحولها الى سوبر نوبا
من النوع ب ، لايتسع المجال لبقائها - وهى بهذا الوزن - فى مرحلة
الطور الرئيسى زمنا يكفى لارتقاء الحياة فيها لدرجة تكون مخلوقات عاقلة .

أما لو لم يكن فى مثل كتلة الشمس ، بل كان نجما فى ثنائى
متقارب بحيث يحتمل أن يأتى اليوم الذى يشهد انفجاره على هيئة نوبا
أو سوبر نوبا من النوع أ ، فليس من شأنه أن يوفر لأى كوكب يتخذ
مدارا حوله القدر الكافى من الاستقرار بما يتيح ارتقاء الحياة على
سطحه .

وما دام الأمر كذلك فماذا يعطينا اذن من تلك الانفجارات النوبا
والسوبر نوبا ؟ ألا يمكن القول بأننا لا نجنى شيئا من ورائها خيرا كان
أم شرا ، الا ما نراه بين الحين والحين من وميض عارض لأحد النجوم
الساطعة فى السماء ، والآخرى بنا أن ندرج أمرها لعلماء الفلك وكتاب
الخيال العلمى ؟

وربما جاز الركون الى مثل تلك النتيجة لو لم يكن لدينسا ادنى اهتمام أو فضول لمعرفة كيف نشأ الكون الذى نعيش فيه ، وكيف تكونت الشمس والأرض وكيف تطورت الحياة وما المخاطر التى يمكن أن نواجهها فى المستقبل - فالنجوم المتفجرة تلعب دوراً جوهرياً فى كل من تلك الأمور .

ولعلنا نبدأ بالسؤال كيف نشأ الكون ؟

حتى عهد قريب ، كان من المسلم به فى معظم الثقافات (ان لم تكن كلها) ، بما فيها ثقافتنا بالطبع ، أن الكون نشأ وتكون بعمل سحري أتى به كائن خارق ، وذلك على مدى فترة وجيزة لا ترجع الى زمن سحيق .

ويمثل الرأى السائد فى ثقافتنا فى أن الكون خلقه الله فى ستة أيام منذ ستة آلاف سنة ، وليست ثمة دلائل مادية على ذلك ولا يقوم هذا الاعتقاد الا على ما ورد فى الباب الأول من سفر التكوين التوراتى . ومع ذلك فقد تجرأ البعض على ابتداء ما لديهم من شكوك حول ذلك الأمر .

ولما أثبت علم الفلك الحديث أن الكون فسيح ، وكلما تقدم العلم اتضح أنه أكبر وأكبر الى أن بلغ درجة غير مفهومة من الضخامة صار من العسير ، بل من المستحيل لانسان عاقل أن يؤمن بأن ما ورد فى التوراة عن الخلق صحيح حقيقياً .

ولكن فى المقابل لم تسفر الأبحاث الفلكية حتى الآن عن شيء يمكن أن يشكل تفسيراً للخلق يستند الى الطبيعة البحتة .

وإذا كانت نظرية لا بلاس عن السديم قد أتت بتفسير مهم ومعقول حيث أعزى نشأة النظام الشمسى وتطوره الى كتلة من الغبار والغازات تدور بسرعة بطيئة ، فمن أين جاء الغاز والغبار ؟

ولو أن كل النجوم فى المجرة تكونت بنفس الطريقة ، فلا بد أن تكون هناك فى الأصل كتلة من الغبار والغازات فى مثل حجم المجرة لينتج منها البلايين من النجوم والكواكب . ولما أدرك الانسسان فى العشرينات من القرن الحالى أن ثمة عدداً لا يحصى من المجرات . فذلك يضى أنه كان ثمة عدد لا يحصى من مثل تلك الكتل من الغبار والغازات . فمن أين جاءت ؟ وكيف لانسان أن يبحث فى أصل مثل تلك الكتل الضخمة من الغبار والغازات المنتشرة فى كون يبلغ قطره ملايين الفراسخ دون أن يعود الى التفكير فى قوة خارقة عظمى ذات فترة مطلقاً ؟!

غير أن بعض الملاحظات التي جرت في العقد الثاني من القرن الحالى ، ولاتمت بصفة لهذا الموضوع ، أسفرت عن ثورة فى تفكيرنا فيما يخص ذلك الأمر .

بدأ ذلك بنجاح عالم الفلك الأمريكى فستو مالفين سليفر (١٨٧٥ - ١٩٦٩) فى ١٩١٢ فى إجراء تحليل طيفى لمجرة اندروميديا (ولم يكن قد عرف بعد أن صديق اندروميديا ان هو الا مجرة) . ولقد تبين له من التحليل أن تلك المجرة تتحرك فى اتجاهنا بسرعة مائتى كيلومتر (١٢٤ ميلا) فى الثانية .

ولقد توصل الى تلك النتيجة بعد أن لاحظ أن الخطوط المعتمة فى التحليل الطيفى تتحرك من وضعها الطبيعى صوب اللون البنفسجى فى نهاية الطيف . واستنتج من اتجاه الحركة أن مجرة اندروميديا تقترب من الأرض ثم حسب سرعة الاقتراب بقياس مقياسر الحركة ، وقد بنى حساباته على نظرية وضعها فى عام ١٨٤٢ الفيزيائى الاسترالى جوهان كريستيان دوبلر (١٨٠٣ - ١٨٥٣) .

وكانت نظرية دوبلر تطبق فى بداية الأمر على الموجات الصوتية غير أن الفيزيائى الفرنسى أرمان فيزو (١٨١٩ - ١٨٩٦) أثبت فى عام ١٨٤٨ أنها مطبقة أيضا على الموجات الضوئية .

وتقول « نظرية دوبلر فيزو » ان تحرك خطوط الطيف لأى مصدر ضوئى - سواء كان شمعة أو نجما - صوب اللون البنفسجى يعنى أن ذلك المصدر يقترب . وإذا كان التحرك صوب اللون الأحمر فالمصدر يبتعد .

وأول من طبق ذلك المبدأ فلكى هو وليم هوجينز ، حيث اكتشف فى عام ١٨٦٨ أن النجم الشعرى اليمانية يأتى « بزحزة حمراء » طفيفة ومن ثم فهو يبتعد عنا . وشهدت السنوات التالية دراسات مماثلة على عدد من النجوم وتبين أن بعضها يقترب وبعضها يبتعد بسرعات متباينة تصل الى مائة كم (٦٢ ميلا) فى الثانية .

ولقد كان لنظرية دوبلر - فيزو سمة مهمة . فلو أن أحدا حاول قياس الحركة الحقيقية لنجم (أى حركته المتعامدة على خط البصر) لما نجح الا لو كان ذلك النجم قريبا ، ولذلك كان عدد النجوم التى أمكن قياس حركتها الحقيقية ضئيلا للغاية . أما الحركة القطرية (أى فى اتجاهنا سواء بالاقتراب أو البعد) فيمكن قياسها لأى نجم مهما بعد عن الأرض شريطة أن يكون له من الضوء ما يتيح تكوين الطيف .

وما أن أمكن التقاط طيف لمجرة أندروميديا وتصويره لم يعد بمشكلة أنه يبعد عن الأرض مسافة سبعمائة ألف فرسخ (وهو ما لم يكن يعلمه سليفر) . فقد طبقت عليه نظرية دوبلر - فيزو مثلما تطبق على الشعري اليمانية أو حتى على شمعة قريبة . وقد ظهرت « الزحزة البنفسجية » في طيف مجرة أندروميديا بما يعنى أنها تقترب من الأرض ، ولم يكن ذلك مفاجأة . وربما كان تقدير سرعة الاقتراب كبيرا الى حد ما ، إذ لم يكن قد رصد بعد أى نجم يقترب أو يعتمد بمثل تلك السرعة ، وعلى أى الأحوال فتلك القيمة لا تختلف كثيرا عن الواقع .

ثم عمد سليفر الى دراسة أطيف ١٤ مجرة أخرى (أو سديما على نحو ما كان يعتقد) ووجد أن واحدة منها تقترب من الأرض مثل مجرة أندروميديا . أما المجرات الأخرى فكلهن يتبعن وبسرعات تزيد بدرجة ملموسة على مائتى كم (١٢٤ ميلا) فى الثانية .

وهذا ما كان له وقع المفاجأة ، غير أن ما اكتشف بعد ذلك يبعث على قدر أكبر من الدهشة .

ولما اكتشف فى العشرينات أن السدم البيضاء ان هى الا مجرات بدأ عالم الفلك الأمريكى ميلتون لاسال هوماسون (١٨٩١ - ١٩٧٢) بالتعاون مع هوبل فى تصوير أطيف مئات المجرات ، ووجدها جميعا - بلا استثناء - تسفر عن زحزة حمراء : كلها تبعد عن الأرض .

علاوة على ذلك ، فكلما كان ضوء المجرة أضعف (أى كلما كانت أبعد) كانت الزحزة أكبر وسرعة التباعد أعظم . وفى عام ١٩١٩ استنتج هوبل أن ثمة قاعدة عامة تحكم تلك الظاهرة وقد أطلق على تلك القاعدة اسم « قانون هوبل » . تقول تلك القاعدة بأن سرعة تباعد المجرة متناسب طرديا مع بعدها عن الأرض . فلو أن مجرة تبعد عن الأرض خمسة أمثال بعد مجرة ما فإن الأولى ستتباعده بسرعة تعادل خمسة أمثال سرعة الثانية .

كان قانون هوبل يعتمد كليا على المتابعة - أى على قياس الزحزة الحمراء لمختلف المجرات . غير أن الأبحاث المبينة على المتابعة ، لم تكده تبدأ فى التبلور حتى طرح من ناحية أخرى دراسات نظرية تتعلق بتلك الظواهر .

فى عام ١٩١٦ قدم اينشتين نظريته العامة عن النسبية . تلك النظرية التى أضفت فى التو تعديلا على قانون نيوتن عن الجاذبية .

تتضمن النظرية مجموعة من « المعادلات المجالية » التي يمكن استخدامها
لوصف الكون اجمالا .

وتصنف معادلات اينشتاين المجالية الكون على انه « كون استاتيكي » ،
لو عالجناه بشكل اجمالي ، فسنجد مستقرا لا يتعرض لأي تغيير . غير أن
عالم الفلك الهولندي وليم دي سيتر (١٨٧٢ - ١٩٣٤) أثبت في
عام ١٩١٧ انه يمكن تفسير تلك المعادلات بما يفيد بأن الكون يتعرض
للتمدد بشكل منتظم : وسرعان ما انتشرت فكرة « الكون المتمدد » حتى
ان اينشتاين نفسه اقتنع بها .

الانفجار العظيم

لو أن الكون يتمدد بالفعل فإن حجمه يزداد يوما بعد يوم .
ولو تخيلنا اننا نعود بالزمن الى الوراء كما لو كنا نعرض فيلما بحركة
عكسية فسنجد أن الكون يتقلص يوما بعد يوم .

وإذا كان من الجائز أن يستمر الكون في التمدد الى مالا نهاية ،
فمن غير المنطقي أن يستمر في التقلص الى مالا نهاية لو عدنا بالزمن الى
الوراء ، فهو سيؤول في النهاية الى العدم حيث لا مجال لمزيد من التقلص .
ولا مفر من أن يمثل ذلك العدم بداية الكون .

وكان أول من أعلن ذلك الأمر عالم الرياضيات الروسي الكسندر
الكسندروفيتش فريدمان (١٨٨٨ - ١٩٢٥) حيث توصل الى ذلك
الاستنتاج أثناء تحليلاته الرياضية للكون المتمدد ونشره في عام ١٩٢٢ .
غير انه ما لبث أن توفي بعد ذلك وحرمه القدر من متابعة نظريته .

ومن ناحية أخرى توصل عالم الفلك البلجيكي جورج ادوارد لوميتر
(١٨٩٤ - ١٩٦٦) الى نتيجة مماثلة وأعلنها في عام ١٩٢٧ . وقد افترض
في مستهل الأمر أن المادة الكونية كانت كلها مضغوطة في حجم ضئيل
للقاية أسماء « الببضة الكونية » . ثم تعرض ذلك الجسم لتمدد مفاجئ
ساحق ومازال يتمدد .

ولما طرح هوبل قانونه في عام ١٩٢٩ وشرح المشاهدات التي
استند اليها ، بدا واضحا أن ذلك يجسد تماسما ما ينبغي أن يكون من
شأن كون في حالة تمدد ، وكون كل المجرات تباعد عنا - وبمعدل أسرع
كلما كانت أكثر بعدا - أمر ليس له أي دلالة خاصة تتعلق بنا وبمجرتنا .
فمادام الكون في حالة تمدد فهذا يعني أن كل مجراته تتباعد عن بعضها .

ولو أننا نوصف الكون من أي جرة أخرى غير مجرتنا لوجدنا قانون هوبل مساريا .

أما فيها يتعلق باقتراب مجرة أندروميديا ، وبعض المجرات الأخرى المجاورة ، من الأرض ، فذلك يعزى الى انها تنتمي كلها الى « مجموعة محلية » واحدة تتمثل في تجمع لمعد من المجرات ، من بينها مجرتنا وأندروميديا ، تربطها ببعضها قوى جاذبية وتدور حول مركز ثقل واحد ، بحيث نجد في أي وقت من الأوقات بعضها يقترب والبعض الآخر يبتعد .

ثم تبين بعد ذلك أن الكون المتمدد لايعنى أن كل مجرة تبتعد عن الأخرى ولكن كل تجمع مجرات يبتعد عن التجمعات الأخرى . ومن ثم تعتبر تجمعات المجرات هي اللبنات التي تشكل صرح الكون .

وقد التقط الفيزيائي الأمريكي الروسي الأصل جورج جامو (١٩٠٤ - ١٩٦٨) فكرة البيضة الكونية وعمها ، ثم أطلق على شمعية التمدد الأولى اسم « الانفجار العظيم » ومازال ذلك الاسم مستخدما حتى الآن . انه أعظم انفجار يمكن أن يشهده الكون ، انفجار يفوق بدرجة هائلة أي انفجار سويز نوفا .

وأشار جامو الى ان الاشعاعات التي صاحبت « الانفجار العظيم » لابد أن يكون لها من الآثار حتى الآن ما يمكن رصده من أي اتجاه على هيئة موجات ميكروويف ضعيفة لها من المواصفات ما يمكن تقديره حسابيا .

ثم واصل الفيزيائي الأمريكي روبرت هنري ديك (١٩١٦ -) الأبحاث في ذلك المجال . وفي عام ١٩٦٤ تمكن الفيزيائي الأمريكي الألماني الأصل ارنو آلان بنزياس (١٩٣٣ -) بمعاونة زميله عالم الفلك الأمريكي روبرت وودرو ويلسون (١٩٣٦ -) من رصد تلك « الخلفية من اشعاعات الميكروويف » وتبيننا من انها تتفق مع نتائج الدراسات النظرية التي أجراها جامو وديك .

وبهذا الاكتشاف انتهى علماء الفلك الى الاقتناع بوجود « الانفجار العظيم » . ومن المتفق عليه الآن أن الكون قد بدأ بجسم ضئيل انفجر منذ ١٥ بليون سنة . ومازال تحديد عمر الكون على وجه الدقة قيد البحث . ولكنه يصعب أن يقل عن عشرة بلايين سنة ولن يزيد على الأرجح على عشرين بليون سنة .

ان الافتراض بأن الكون قد نشأ جسما ضئيلا تمدد تدريجيا ليصل الى تلك المجموعة المتنوعة الهائلة من تجمعات المجرات التي نراها اليوم

يبدو أكثر منطقياً من القول بأنه قد خلق بطريقة أو بأخرى على النحو القائم حالياً . ومع ذلك فما زال السؤال مطروحا : كيف نشأ الكون في يومه الأولى كجسم ضئيل للغاية ؟ . هل تضطر عند ذلك الحد إلى العودة إلى فكرة وجود قوة خارقة هي الأصل ؟

ويبحث علماء الفيزياء حالياً فكرة أن الكون بنجمة الضئيل في الأصل قد تكون من عدم نتيجة عملية عشوائية ، بل انهم يبحثون احتمالات تكون أعداد لانهاية من مثل تلك النماذج للكون بصفة مستمرة من خلال حجم لانهاية من عدم وما نحن الا حياة قائمة على كون ضمن عند لا حصر له من الأكوان .

غير أن معظم علماء الفيزياء قانعون بما وصلوا اليه من أن أصل الكون هو الانفجار العظيم ومكتفون بذلك . وثمة غموض بالغ يحيط بالمرحلة الأولى لتلك الظاهرة العظيمة وبكيفية تطور الأمور منذ الانفجار العظيم وحتى الشكل الحالي للكون . وما زالت المراحل الأولى لتطور الكون قيد البحث وموضع اختلاف وجهات النظر .

فعلى سبيل المثال ، كان من المتفق عليه بصفة عامة أن الكون بدأ على هيئة جسم متناهي الصغر على درجة لانهاية من الحرارة ، وفجأة وفي لحظة خاطفة لاتتجاوز بعض كسور متناهية من الثانية تمرض في آن واحد للتضخم والتبريد بدرجة تتيح تكون جزيئات أولية من المادة . وقد أطلق على تلك المادة اسم « كواركس » .

وبعد برهة طويلة نسبيا ، أي جزء من عشرة آلاف من الثانية ، كان الكون بحجم ودرجة حرارة يكفيان لأن يتجمع الكواركس في ثلاثيات تشكل جزيئات أقل من الذرة كالبروتونات والنترونات . ثم بعد مرحلة طويلة تقاس بالآلاف السنين انخفضت درجة الحرارة بقدر يسمح باتحاد البروتونات والنترونات لتتكون النسويات الذرية ثم لتجذب هذه الالكترونات وتكون الذرات البكر . ثم يسفر التطور بعد زمن لا يقل عن مائة مليون سنة عن بداية تكون النجوم والمجرات ومن ثم نشأة الكون الحديث (بمقاييس تقل كثيرا عن المقاييس الحالية) .

وفي السبعينات أدخلت تعديلات على فكرة « الانفجار العظيم » ومن ثم نعت الكون بوصف « الكون المتضخم » ويفيد ذلك التعديل بأن التمدد الأصلي حدث بسرعة مذهلة بما أثر على تفاصيل تطور الكون من عدة أوجه .

وبرزت مشكلة تتمثل في أن الكون مقصور في البنية العادية لمادته على البروتونات والنترونات والالكترونات . ويبدو أن تلك الجزيئات

بما كانت لتتكون دون أن يصاحبها في نفس الوقت تكون العناصر المقابلة لها ، أي العناصر المضادة لكل من البروتونات والنيوترونات والإلكترونات ولا بد أن تلك العناصر المضادة قد اتحدت لتكون « المادة المضادة » ولا بد أيضا أن الكون يتألف من كميات متساوية من المادة والمادة المضادة . ولكن ذلك ليس صحيحا على حد علمنا . فالكون مقصور على المادة .

(ولعل ذلك من حسن الطالع ، فلو أن الكون مصنوع من كميات متساوية من المادة والمادة المضادة لاتحد الاثنان بنفس السرعة التي تكونان ولتعادلا مع بعضهما بحيث لا يفرزان سوى الإشعاعات ، وما بقي الكون) .

وقد أسفرت الأبحاث المتعلقة بخصائص المادة وتفاعلاتها عند درجات الحرارة القصوى التي شهدتها اللحظات التالية « للانفجار العظيم » عن التوصل إلى نظريات جديدة سميت « بالنظريات الكبرى الموحدة » (أو جاتس على سبيل الاختصار) . وتهدف تلك النظريات إلى إثبات أن تكوين المادة يتسم بمسحة طفيفة من عدم التكافؤ ، حيث تزيد المادة العادية بمقدار جزء من بليون على المادة المضادة ، ومن ثم عندما تتحد المادة والمادة المضادة وتتعادلان يبقى ذلك الجزء من البليون من المادة وهو الذي تكونت منه المجرات والكون .

وثمة مشكلة ثانية كبرى تكتنف « الانفجار العظيم » وتتعلق بظاهرة « التكتل » في الكون . فلابد أن يكون الانفجار العظيم قد اتسم بتناظر كروي ، وبالتالي لابد أن يكون التمدد قد حدث بقدر متساو في جميع الاتجاهات . وذلك يعني أن الكون يتسم بتوزيع منتظم لكتلة الذرات ، أي نوع موحد من الغاز ، فما الذي جعل تلك الغازات تتكتل لتكون النجوم والمجرات ؟

ويعتقد أن فكرة الكون المتضخم تتضمن تفسيراً لظاهرة التكتل ، وربما جاء الوقت الذي يشهد إزالة كل العقبات التي تعوق فكرة الخلق الطبيعي .

العناصر

ذينة الكون

لقد صار واضحا أن الفترات الأولى التي تلت الانفجار العظيم شهدت تمدد الكون المتلهب وانخفاض درجة حرارته بدرجة تتيح اندماج البروتونات والنترونات لتكون نويات الذرات . ولكن أي نويات تكونت وبأي نسب ؟ ذلك سؤال أثار اهتمام علماء نشأة الكون ، وسيعود بنا إلى الحديث عن الانفجارات النوفا والسوبر نوفا . ومن ثم فلنتناول تلك المسألة بشيء من التفاصيل .

تنقسم النويات الذرية إلى عدد من الأنواع ، ويتمثل أحد السبل الرامية إلى معرفة مغزى ذلك التنوع في توصيف تلك النويات وفقا لعدد ما تحتويه من بروتونات . ويتراوح ذلك العدد بين واحد وما يربو على مائة .

ويحمل كل بروتون شحنة كهربية موجبة مقدارها $+1$. وعلى قدر علمنا ، فالنوع الآخر والوحيد من الجزيئات التي تشارك البروتونات في النوى هي النترونات ولا تحمل شحنات كهربية ، وعلى ذلك فاجمالي الشحنة الكهربية للنواة الذرية يساوي عدد ما تحتويه تلك النواة من بروتونات . فالنواة التي تحتوي على بروتون واحد لها شحنة تعادل $+1$ ، وتلك التي تحتوي على بروتونين لها شحنة تساوي $+2$ ، والتي تحتوي على ١٥ بروتونا شحنتها $+15$ وهلم جرا . ويعرف الرقم الذري بأنه عدد ما تحتويه النواة من بروتونات أو الرقم المعبر عن قيمة الشحنة الكهربية في النواة .

ومع استمرار انخفاض درجة حرارة الكون ، اكتسبت كل نواة القدرة على اجتذاب عدد من الإلكترونات . ولما كان الإلكترون يحمل شحنة كهربية سالبة مقدارها -1 ، وبما أن الشحنات الكهربية المضادة

تجاذب ، فتسعى الالكترونات بما لها من شحنة سالبة الى البقاء على مقربة من النويات ذات الشحنة الموجبة . وفى الأحوال العادية يمكن للنواة المعزولة أن تحتفظ بعدد من الالكترونات بقدر ما تحتويه من بروتونات ، ويتبادل عدد البروتونات فى النواة مع عدد الالكترونات المحيطة بها يصل اجمالى الشحنة الكهربائية الى صفر وتتكون من هذا التآلف الذرة المتعادلة والرقم الذرى لمثل تلك الذرة يساوى عدد كل من الالكترونات والبروتونات بها .

ويعرف العنصر بأنه المادة التى تتكون من ذرات لها نفس الرقم الذرى ، فالهيدروجين على سبيل المثال عنصر لأنه يقتصر فى تكوينه على ذرات تحتوى نواتها على بروتون واحد يوجد على مقربة منه الكترون واحد . وتعتبر مثل هذه الذرة « ذرة هيدروجين » ونواتها « نواة هيدروجين » ، أما الرقم الذرى للهيدروجين فهو ١ .

كذلك فالهيليوم عنصر ، ويتكون من ذرات الهليوم التى تحتوى على نويات الهليوم ، وتشتمل كل نواة منها على بروتونين ومن ثم فالرقم الذرى للهيليوم هو ٢ . وبالمثل ، فالليثيوم رقمه الذرى ٣ والباريليوم ٤ والبورون ٥ والكربون ٦ والنيتروجين ٧ والاكسجين ٨ . وهلم جرا .

ولو أجرينا ما بوسعنا من تحليلات كيميائية لكل ما هو متاح من مادة فى الجو والبحر والأرض لأحصينا ٨١ عنصرا مختلفا يتسم كل منها بالاستقرار . أى واحدا وثمانين عنصرا لا يتالى أى منها أى تغيير مهما امتد الزمن طالما لم يتعرض العنصر لأى مؤثرات .

ويعتبر الهيدروجين (برقمه الذرى ١) أقل الذرات تعقيدا على الأرض (بل على الإطلاق فى واقع الأمر) ويتساعد الرقم الذرى تباعا الى أن نصل الى الذرة المستقرة الأكثر تعقيدا على الأرض ، وهى ذرة البزموت ورقمها الذرى ٨٣ أى أن كل نواة بزموت تحتوى على ٨٣ بروتونا .

ولما كان عدد العناصر المتسمة بالاستقرار ٨١ عنصرا ، فلا بد أن عنصرين قد استبعدا من قائمة العناصر التى يتراوح رقمها الذرى بين ١ (الهيدروجين) و ٨٣ (البزموت) ، وذلك صحيح . فالذرات التى تحتوى على ٤٣ بروتونا وتلك التى تحتوى على ٦١ بروتونا ليست مستقرة ، وبالتالى لا يندرج العنصران اللذان يحمل أحدهما الرقم الذرى ٤٣ والآخر ٦١ ضمن قائمة المواد الطبيعية التى حللها الكيميائيون .

ولا يعنى ذلك أن العناصر التى تحمل الرقمين الذريين ٤٣ و ٦١ ، أو تلك التى يربو رقمها الذرى على ٨٣ لا وجود لها ، بل هى موجودة

ولكن بقاءها مؤقتة • فتلك الذرات غير مستقرة وسوف تتحلل عاجلاً
 أم أجلاً الى ذرات مستقرة سواء على مرحلة واحدة أو أكثر • ولا يتم ذلك
 بالضرورة تواً ، بل قد تمتد تلك العملية لزمان طويل • فالنسبة لعنصرى
 الثوريوم (ورقمه الذرى ٩٠) واليورانيوم (ورقمه الذرى ٩٢) على
 سبيل المثال ، يستلزم الأمر بلايين السنين كى يتحلل قدر ملموس
 منهما الى ذرات الرصاص المستقرة (ورقمها الذرى ٨٢) •

بل ان عمر الأرض البالغ بلايين السنين لم يتسع فى واقع الأمر
 الا لتحلل جزء مما كانت تحتويه فى الأصل من هذين العنصرين •
 ويقدر الكم الذى لم يصبه الانشطار بعد بنحو ٨٠٪ بالنسبة للثوريوم
 و ٥٠٪ من اليورانيوم ويمكن البحث عنهما فى الصخور الموجودة على
 سطح الأرض •

ورغم أن الأرض تحتوى فى قشرتها على كميات وفيرة من العناصر
 المستقرة البالغ عددها ٨١ عنصراً (علاوة على الثوريوم واليورانيوم)
 فان تلك العناصر ليست موجودة بكميات متساوية • ومن أكثر العناصر
 شيوعاً نجد الأكسجين (رقم ذرى ٨) والسيليكون (رقم ذرى ١٤)
 والألمنيوم (١٣) والحديد (٢٦) •

أما من حيث الكتلة ، فالأكسجين يشكل ٤٦.٦٪ من كتلة القشرة
 الأرضية والسيليكون ٢٧.٧٪ والألمنيوم ٨.١٣٪ والحديد ٥٪ • أى أن
 تلك العناصر الأربعة تشكل فى مجموعها نحو ٨/٧ من كتلة القشرة
 الأرضية ، أما الثمن الباقي فتشكله بقية العناصر الحادية والثمانين
 مجتمعة •

غير أن تلك العناصر لا تبقى على هيئتها الأولية • فغالبا ما تتخالط
 الذرات المختلفة وتميل الى الاتحاد مكونة ما يسمى « مركبات » •
 فذرات السيليكون والأكسجين على سبيل المثال تتحد مع بعضها بعملية
 معقدة وتكون ، مع ذرات من الحديد والألمنيوم وعناصر أخرى تتعلق بها
 بشكل أو آخر ، مركبات تسمى السيليكات وهى التى تشكل الصخور
 العادية التى تزخر بها القشرة الأرضية •

ولما كانت ذرات الأكسجين أخف وزناً من أى عنصر شائع آخر فى
 القشرة الأرضية ، فان عدد ما تحتويه كتلة أكسجين من ذرات
 يفوق ما تحتويه كتل مماثلة من عناصر أخرى • ومن كل ألف ذرة من
 القشرة الأرضية نجد ٦٢٥ ذرة أكسجين و ٢١٢ ذرة سيليكون و ٦٥ ذرة
 المنيوم و ١٢ ذرة حديد • أى أن ٩٢٪ من عدد ما تحتويه القشرة الأرضية
 من ذرات تنتمى لهذا أو ذاك من تلك العناصر الأربعة •

غير أن القشرة الأرضية ليست عينة مناسبة يمكن تعميمها على الكون
أو حتى على الأرض في مجموعها .

فعلى سبيل المثال يعتقد أن « جوف » الأرض (المنطقة المركزية التي
تشكل ثلث كتلة الكوكب) يتكون معظمه من الحديد . ومن ثم يقدر ذلك
العنصر بنحو ٣٨٪ من كتلة الأرض في مجملها والأكسجين ٢٨٪
والسيليكوم ١٥٪ . أما بالنسبة للعنصر الشائع الرابع فكافة المغنسيوم
(رقم ذرى ١٢) أرجح من كفة الألمنيوم وتقدر نسبته بـ ٧٪ . وتشكل
العناصر الأربعة مجتمعة $\frac{1}{8}$ من كتلة الأرض الاجمالية .

وقياسا بعدد الذرات ، نجد أن كل ألف ذرة من الأرض ككل
تحتوى على نحو ٤٨٠ ذرة أكسجين ، و ٢١٥ ذرة حديد ، و ١٥٠ ذرة
سيليكوم و ٨٠ ذرة مغنسيوم ، أى أن العناصر الأربعة مجتمعة تشكل
٩٢٫٥٪ من ذرات الأرض .

الا أن الأرض ليست بالكوكب النموذجي للنظام الشمسى ، صحيح
أن كواكب الزهرة وعطارد والمريخ والقمر تشبه الأرض الى حد كبير فى
تركيبها العام ، فهى مكونة من مواد صخرية ، علاوة على أن الزهرة
وعطارد غنيان بالحديد فى جوفيهما ، وقد ينسحب ذلك أيضا ، الى
حد ما ، على عدد ضئيل من الأقمار والتوابع ، غير أن كل تلك العوالم
الصخرية (سواء كان جوفها غنيا بالحديد أم لا) تقل عن نصف فى المائة
من الكتلة الاجمالية لجميع الاجرام التى تدور حول الشمس .

وباستثناء الشمس تتركز نسبة الـ ٩٩٫٥٪ الباقية من كتلة
المجموعة الشمسية فى الكواكب العملاقة الأربعة المشترى وزحل
وأورانوس ونبتون . ويشكل المشترى وحده ، وهو أكبر تلك الكواكب ،
ما يربو قليلا على ٧٠٪ من تلك النسبة .

ومن المحتمل أن يكون للمشتري جوف صغير نسبيا يتكون من
الصخور والمعادن ، الا أن التحليل الطيفى والأبحاث الأخرى تفيد بأن ذلك
الكوكب العملاق يتكون فى معظمه من الهيدروجين والهليوم وينسحب هذا
فيما يبدو على الكواكب العملاقة الأخرى أيضا .

أما فيما يتعلق بالشمس ، التى تقدر كتلتها بخمسائة مثل كتلة
المجموعة الشمسية مجتمعة بدءا من المشترى وحتى ذرات الغبار ، ففتقيد
المعلومات المستقاة أساسا من التحليل الطيفى أنها تتكون فى معظمها
من الهيدروجين والهليوم . وعلى نحو تقريبي يشكل الهيدروجين ٧٥٪
من كتلة الشمس والهليوم ٢٢٪ وبقية العناصر ٣٪ .

ولو غنينا بتكوين الشمس من حيث عدد الذرات لوجدنا أن كل ألف من ذراتها يحتوى على ٩٢٠ ذرة هيدروجين و ٨٠ ذرة هليوم . أما العناصر الأخرى فتقل نسبتهما عن واحد في الألف .

وبما أن الشمس تشكل تلك النسبة الطاغية في المجموعة الشمسية ، فلسنا بعيدين عن الصواب لو استنتجنا أن تركيبها العنصرى يمثل بصفة عامة المجموعة الشمسية . وتشبه الغالبية العظمى من النجوم الشمس فى تركيبها ، بل لقد تبين أن حالة الغازات الرقيقة التى تملأ الفراغ بين الكواكب والمجرات تتكون أساسا من الهيدروجين والهليوم .

وعلى ذلك ، فلسنا بمخطئين على الأرجح لو قدرنا أن كل ألف من ذرات الكون ككل تنقسم الى ٩٢٠ ذرة هيدروجين و ٨٠ ذرة هليوم ، أما سائر العناصر الأخرى فنسبتها تقل عن ١ فى الألف .

الهيدروجين والهليوم

لم هذا التوزيع ؟ وهل هذا الكون المقصور تقريبا على الهيدروجين والهليوم نه علاقة « بالانفجار العظيم » ؟ .

الاجابة فيما يبدو هى نعم - على الأقل حسبما يفيد به الاستدلال المنطقى الذى وضعه جامو ومازال ساريا دون أن تطرأ عليه تعديلات جوهرية .

ويمثل ذلك الاستدلال فيما يلى : بعد لحظة خاطفة لاتتجاوز كسورا من الثانية بعد الانفجار العظيم كانت درجة حرارة الكون المتمد قد انخفضت الى الحد الذى يتيح تشكيل المكونات المألوفة للذرة وهى البروتونات والنترونات والالكترونات . غير أن الحرارة حتى عند ذلك الحد ما كانت لتسمح بتكون أى شيء أكثر تعقيدا . فلا مجال مع مثل تلك الحرارة لأن تتحد الجزيئات ، ولو أنها اصطلمت ببعضها لارتدت .

وتمتد تلك الظاهرة أيضا لتشمل ارتطام جزيئات متماثلة مع بعضها ، كبروتون مع بروتون أو نترون مع نترون ، حتى فى ظل حرارة تقل كثيرا عن تلك السائدة وقتها . غير أن الأمر يختلف بالنسبة للجزيئات المتباينة . فمع استمرار انخفاض درجة الحرارة تهيأت الفرصة لأن يسفر اصطدام بروتون مع نترون عن اتحاد هذين الجزيئين ،

ويعزى تماسك الجزيئين مع بعضهما الى ما يسمى « بالتفاعل القوى » ،
وهو أقوى التفاعلات الأربعة المعروفة .

ولقد أوضحنا آنفا أن البروتون المفرد يشكل نواة هيدروجين .
واتحاد البروتون والنترون لا يغير من هذا الأمر شيئا فالقيصل في هذا
المجال هو وجود بروتون واحد في النواة . ويسمى هذان النوعان من
نواة الهيدروجين - البروتون واتحاد البروتون مع النترون - ، « نظائر »
الهيدروجين وللتمييز بينهما يضاف الى اسم العنصر رقم يساوي
عدد ما تحتويه النواة من جزيئات . فالنواة التي لا تحتوى الا على بروتون
واحد تسمى نواة « هيدروجين ١ » والتي تحتوى على بروتون ونترون -
أى جزيئين - فهي نواة « هيدروجين ٢ » .

وبينما كانت النويات المختلفة في سبيلها الى التكون في المراحل
المبكرة من عمر الكون ، لم تكن نويات الهيدروجين تتسم بقدر كبير من
الاستقرار بسبب درجات الحرارة العالية السائدة في ذلك الحين .
فقد كانت تتجه الى التحلل مرة ثانية الى بروتونات ونترونات منفصلة
أو تتحد مع جزيئات أخرى لتكون نويات أكثر تعقيدا (ولكن قد تتسم
بقدر أكبر من الاستقرار) .

ولو أن نواة هيدروجين ٢ اصطدمت ببروتون واتحدت معه لتكونت
نواة جديدة تحتوى على بروتونين ونترون . وبما انها صارت تشتمل
على بروتونين فقد أصبحت نواة هليوم وبما أن عدد جزيئاتها ارتفع
الى ٣ فهي نواة « هليوم ٣ » .

أما لو صادفت نواة الهيدروجين ٢ نترونا واتحدت معه ، فتكون
النتيجة نواة « هيدروجين ٣ » لأنها أصبحت تتكون من ثلاثة جزيئات
منها بروتون واحد ونترونان .

غير أن نواة الهيدروجين ٣ تتسم بعدم الاستقرار أيا كانت درجة
الحرارة ، حتى في ظل تلك السائدة حاليا في الكون ، ولذلك فهي
تتعرض لتغير ذاتي حتى لو لم يحدث تداخل مع جزيئات أخرى
أو اصطدام بها . وعاجلا أو آجلا ما يتحول أحد النترونين في نواة
الهيدروجين ٣ الى بروتون بحيث تتحول الى نواة هليوم ٣ . وفي ظل
الظروف الحالية لا يتم ذلك التحول بسرعة هائلة ، حيث يتحول نصف عدد
نويات الهيدروجين ٣ الى هليوم ٣ فيما يربو قليلا على ١٢ سنة . ولا شك
أن التحول كان يتم بسرعة أكبر في ظل درجات الحرارة الفائقة التي كانت
سائدة في بداية الكون .

ومن ثم فقد أصبح هناك ، فى ظل الظروف الحاضرة ، ثلاثة أنواع من النوى المستقرة هى الهيدروجين ١ ، والهيدروجين ٢ والهليوم ٣ .

ويتسم الهليوم ٣ بأن قوة تماسك جزيئاته أضعف من حالة الهيدروجين ٢ ، ولذلك كانت الاحتمالات كبيرة فى ظل درجات الحرارة العالية فى بداية الكون ، أن تتحلل نواة الهليوم ٣ أو أن تتغير نتيجة اتحادها مع مزيد من الجزيئات .

ولو أن نواة الهليوم ٣ صادفت بروتونا واتحدت معه لأصبحت نواة تحتوى على ثلاثة بروتونات وبترون وتلك نواة « الليثيوم ٤ » . غير أن الليثيوم ٤ غير مستقر أيا كانت درجة الحرارة ، وحتى على سطح الأرض ، فسرعان ما يتحول أحد بروتوناته الى نترون لتتكون نواة « هليوم ٤ » مشتملة على بروتونين وبترونين .

وتعد نويات الهليوم ٤ بالغة الاستقرار ، بل انها أكثر النويات المعروفة استقرارا فى درجات الحرارة العادية ، باستثناء نواة الهيدروجين ١ المقصورة على بروتون . فما أن تتكون نواة الهليوم ٤ ، قليلا ما تجنح الى التحليل حتى لو تعرضت لدرجات حرارة بالغة .

ولو اصطدمت نواة الهليوم ٣ مع نترون واتحدت معه فتتكون مباشرة نواة الهليوم ٤ . وثمة احتمال آخر أيضا أن تتكون نواة هليوم ٤ نتيجة اتحاد نواتى هيدروجين ٢ . أما لو صادفت نواة هليوم ٣ نواة هيدروجين ٢ أو نواة هليوم ٣ أخرى ، تتكون نواة هليوم ٤ بينما تنفصل الجزيئات الزائدة وتتحول الى بروتونات وبترونات منفصلة .

خلاصة القول ان نواة الهليوم ٤ هى أول نواة تتكون بفزارة بعدما انخفضت حرارة الكون الى درجة تتيح اتحاد البروتونات والبترونات لتشكيل نويات أكثر تعقيدا .

ومع استمرار تمدد الكون وانخفاض درجة حرارته خفت حدة تحول نويات الهيدروجين ٢ والهليوم ٣ بل ان بعضها استمر على حاله دون تغيير . وتبلغ نسبة ذرات الهيدروجين ٢ حاليا ١ الى سبعة آلاف ذرة هيدروجين . أما الهليوم ٣ فهو أكثر ندرة اذ لا تربو نسبته على ١ فى كل مليون ذرة هليوم .

ومن ثم فبوسعنا اجمال الهيدروجين ٢ والهليوم ٣ والقول بأن الكون ، بعد أن انخفضت حرارته بدرجة كافية ، أصبح مقصورا على نويات الهيدروجين ١ والهليوم ٤ ونسبة ٧٥ فى المائة للهيدروجين و ٢٥ فى المائة للهليوم من حيث الكتلة .

ولعلنا نتوقع بعد ذلك أن تشهد الأماكن التي تقل حرارتها بدرجة مناسبة اتحاداً من نوع آخر ، أى أن النوى التي تحمل شحنة موجبة تجتذب الإلكترونات التي تحمل شحنة سالبة ، وتتحد معها بقوة « التفاعل الالكترومغناطيسى » وهو ثانى التفاعلات الأربعة من حيث الفعالية • ومن ثم يتحد البروتون الواحد فى نواة الهيدروجين ١ مع الكترون واحد ويتحد البروتونان فى نواة الهليوم ٤ مع الكترونين ، وبذلك تتكون ذرات الهيدروجين والهليوم •

ولو كان ذلك صحيحاً لوجدنا فى كل ألف ذرة فى الكون ٩٢٠ ذرة هيدروجين ١ و ٨٠ ذرة هليوم ٤ •

وذلك هو تفسير الكون المقصور فى تشكيله على الهيدروجين والهليوم •

ولكن مهلاً !! فماذا عن الذرات الأكبر كتلة والتي لها أرقام ذرية تفوق خصائص الهليوم • (وسوف نجمال كل الذرات التى تحتوى نوياتها على أكثر من أربعة جزيئات فى مسمى واحد هو « الذرات الثقيلة ») صحيح أن عدد الذرات الثقيلة فى الكون ضئيل للغاية ، ولكنها موجودة • فكيف تكونت ؟

يفيد أحد الردود المنطقية على ذلك التساؤل بأن نويات الهليوم ٤ - وإن كانت نويات على قدر كبير من الاستقرار - قد تتسم باتجاه ضعيف الى الاتحاد مع بروتون أو نوترون أو هيدروجين ٢ أو هليوم ٣ أو حتى نواة هليوم ٤ أخرى لتكون كمية ضئيلة من شتى أنواع الذرات الثقيلة • ولعل ذلك هو مصدر الذرات الثقيلة الموجودة حالياً والتي تشكل نسبتها ٣٪ أو نحو ذلك من كتلة الكون •

غير أن تلك الإجابة دحضها التحليل التالى :

لو أن نواة هليوم ٤ اصطدمت بنواة هيدروجين ١ (بروتون واحد) واتحدتا لتكوين نواة ذات ٣ بروتونات و نوترونين ، أى نواة « ليثيوم ٥ » • أما لو اصطدمت بنوترون واتحدت معه لتكونت نواة تشتمل على بروتونين وثلاثة نوترونات أى نواة « هليوم ٥ » •

ولو أن نواة ليثيوم ٥ أو هليوم ٥ تكونت حتى فى ظل درجة الحرارة المنخفضة التى تسود الكون اليوم لما دامت لأكثر من أجزاء من ترليون ترليون من الثانية وبعدها تتحلل ثانية الى هليوم ٤ و بروتون أو نوترون •

أما أن تصادف نواة هليوم ٤ نواة هيدروجين ٢ أو هليوم ٣ ،
فذلك احتمال ضئيل نظرا لندرة وجود هذين النوعين من النويات في
المزيج الكوني الأولى . ولو حدث وتكونت ذرات ثقيلة من مثل هذا التفاعل
فسيكون بكمية لا تذكر قياسا بالنسبة الموجودة حاليا .

ويتمثل الاحتمال الأخير والأرجح نسبيا في أن تصطدم نواة هليوم ٤
مع نواة ثانية من نوعها وتتحده معها ، لتتكون نواة تشتمل على
٤ بروتونات و٤ نوترونات وتلك هي نواة « البيريليوم ٨ » . وهذه النواة
أيضا تتسم بقدر فائق من عدم الاستقرار بحيث لو تكونت لا تبقى لأكثر
من كسور من مئات التريليونات من الثانية حتى في ظل الظروف الكونية
السائدة حاليا ، وما أن تتكون حتى تتحلل ثانيا إلى نواتي هليوم ٤ .

ورغم كل ذلك ، فقد تقع صدفة مفيدة لو أن ثلاثة من نويات
الهليوم ٤ اصطدمت في نفس الوقت مع بعضها واتحدت ، غير أن احتمال
وقوع مثل تلك الصدفة ، في مزيج نسبة الهليوم ٤ فيه تتضاءل أمام
نسبة الهيدروجين ١ ، أضعف من أن يؤخذ في الاعتبار .

وعلى ذلك ، فمع مرور الوقت سيمتد الكون وتقل حرارته إلى
درجة ينتهي عندها التحول إلى نويات معقدة ويقتصر المزيج الكوني في
معظمه على الهيدروجين ١ والهليوم ٤ . ولو بقيت بعض النوترونات
فسوف تتحلل إلى بروتونات (هيدروجين ١) والكترونات ، وبالتالي
لا مجال لتكون الذرات الثقيلة .

ويستمر تطور مثل ذلك الكون فتتقسم السحب المكونة من غاز
الهيدروجين والهليوم إلى كتل بحجم المجرات ثم تتكثف وتتحول إلى نجوم
وكواكب عملاقة . والواقع أن النجوم والكواكب العملاقة مكونة في
معظمها من الهيدروجين والهليوم بالفعل . والآن هل من مبرر للانشغال
بشأن الذرات الثقيلة وإن هي الا تمثل ٣٪ من كتلة الكون وأقل من ١٪
من حيث عدد الذرات ؟

نعم ! فلا بد من إيجاد مبرر لنسبة ال ٣ في المائة هذه .
وحتى لو أهملنا الكميات الضئيلة من الذرات الثقيلة الموجودة في النجوم
والكواكب العملاقة فإن كوكبا مثل الأرض يكاد يقتصر في تكوينه على ذرات
ثقيلة .

بل إن جسم الانسان والكائنات الحية بصفة عامة لا تتجاوز
نسبة الهيدروجين فيها ١٠٪ من كتلتها ولا وجود للهليوم على الإطلاق .
أما التسعون في المائة المتبقية فهي مكونة من ذرات ثقيلة .

وخلاصة القول ، لو ان الكون استمر على حاله وعلى ذلك الاسلوب
فى تكوين النويات على اثر الانفجار العظيم لاستحال وجود كواكب مثل
الأرض وحياة كالتى نعرفها •

ولكن ما دمنا نحيا ، وفى عالمنا هذا ، فلا بد أن الذرات الثقيلة قد
تكونت • كيف اذن ؟

الافلات من النجوم

ان تلك المسألة لا تشكل فى الواقع لغزا حقيقيا بالنسبة لنا
لا سيما وقد تناولنا آنفا فى هذا الكتاب أسلوب تكون وتحول النويات
فى جوف النجوم • فشمسنا تشهد بالفعل تحولا مستمرا للهيدروجين
الى هليوم فى مناطقها المركزية وذلك الاندماج الهيدروجينى هو مصدر
طاقة الشمس • وتعرض كل النجوم الأخرى فى طورها الرئيسى لذلك
الاندماج الهيدروجينى •

ولو كان ذلك هو التغير الوحيد الذى يجرى ، ولو انه استمر الى
ما لا نهاية بنفس المعدل الحالى لتفقد الهيدروجين تماما بعد حوالى
خمسمائة بليون سنة (أى ثلاثين أو أربعين مثل عمر الكون حاليا)
ولصار الكون مقتصرًا على الهليوم • ومازال السؤال بشأن الذرات
الثقيلة مطروحا •

لقد عرفنا مما سبق أن الذرات الثقيلة تتكون فى جوف النجوم •
ولكنها لا تتكون الا عندما يحين الأجل لانتقال مثل تلك النجوم من مرحلة
الطور الرئيسى ، ومن خصائص لحظة الذروة هذه أن جوف النجم يكون
على درجة من الكثافة والسخونة بحيث تتلاطم نويات الهليوم ٤ بسرعة
عالية ومعجلات كبيرة ، تنتهى الفرصة لأن تتحد كل ثلاث نويات مع
بعضها لتكون نواة واحدة مستقرة تشتمل على ستة بروتونات وستة
نوترونات • انها نواة « الكربون ١٢ » •

ولكن كيف يتسنى أن يقع مثل ذلك التصادم الثلاثى فى جوف
النجوم الآن ولا يحدث فى الأوقات التى تلت الانفجار العظيم ؟

ان درجة الحرارة فى جوف النجوم المشرفة على التحول من مرحلة
الطور الرئيسى تناهز مائة مليون درجة مئوية وتصبحها ضغوط بالغة •
ومثل تلك الظروف كانت سائدة أيضا فى اللحظات الأولى للكون •
غير أن جوف تلك النجوم يمتاز بأنه مقصور على نويات الهليوم ٤ •

لأن يقع تصادم ثلاثي لنويات الهليوم ٤ فى وسط لا توجد فيه نويات أخرى لهم أرجح كثيرا من أن يقع فى وسط تكون نواة الهليوم ٤ محاطة فيه بنويات معظمها هيدروجين ١ .

ويتبين من ذلك أن النويات الثقيلة تتكون منذ نشأة الكون فى جوف النجوم رغم انها لم تتكون بعد الانفجار العظيم مباشرة . وعلاوة على ذلك فما زالت النويات الثقيلة تتكون فى جوف النجوم وتستمر كذلك لبلايين السنين . ولا يقتصر الأمر على تكون نويات الكربون واستمرار تلك العملية ، بل يشمل كل النويات الثقيلة الأخرى بما فيها الحديد وهو ما يثقل - على نحو ما أسلفنا - مآلا ميتا لعمليات الاندماج العادية فى النجوم .

عند ذلك الحد يبقى سؤالان :

١ - كيف تسنى للنويات الثقيلة ، بعد أن تكونت فى مراكز النجوم ، أن تنتشر فى الكون بصفة عامة بحيث ينتهى بها المآل لأن تتركز فى الأرض وفى أجسادنا ؟

٢ - كيف تكونت العناصر التى تحتوى على نويات أثقل من نوى الحديد ؟ ان أثقل نواة حديد مستقرة على حد علمنا هى نواة الحديد ٥٨ وهى مكونة من ٢٦ بروتونا و ٣٢ نوترونا . غير أن ذلك ليس بنهاية المطاف ، فما زالت الأرض تحتوى على أنواع من النويات أكثر ثقلًا ، وتنتهى القائمة عند نواة اليورانيوم ٢٣٨ المكونة من ٩٢ بروتونا و ١٤٦ نوترونا .

ولنبداً بالسؤال الأول . هل هناك من التفاعلات ما يعمل على اقتلاع المادة النجمية ونشرها فى الكون ؟

والاجابة نعم ، وبوسعنا أن نرى بعض تلك التفاعلات بوضوح لو تدارسنا الشمس .

ان الناظر الى الشمس بالعين المجردة (مع الأخذ بأسباب الوقاية من الوهج) يراها كرة ساكنة من الضوء لا ملامح لها ، ولكننا نعرف الآن أنها فى حالة ثورة مستمرة . فدرجات الحرارة الهائلة السائدة فى الجوف العميق للشمس تنقل حملا حركيا الى الطبقات العليا (كالذى يحدث فى اناء من الماء موضوع على النار عند الاقتراب من درجة الغليان) . ومن ثم فإن المادة الشمسية فى حركة مستمرة تفور هنا وهناك وتكسر السطح بحيث يبدو سطح الشمس مغطى « بحبيبات » تمثل كل منها عمود حمل حركى حرارى . وتعادل مساحة كل من تلك الحبيبات مساحة

احدى الولايات الكبرى فى أمريكا أو احدى البلدان الأوروبية رغم انها تظهر ضئيلة فى الصور الملتقطة لسطح الشمس .

ونتيجة للفران تتمدد المادة المحمولة وتقل حرارتها كلما ابتعدت عن المركز ، وما أن تصل الى السطح حتى تفوق لتحل محلها كتلة أكبر سخونة مندفعة من أسفل . ولا تتوقف تلك العملية مطلقا وهى تساعد على انتقال الطاقة من الجوف الى السطح ، ثم من السطح الى الفضاء ، على هيئة اشعاعات ، يشكل ما نراه من ضوء جانبيا كبيرا منها . وبالطبع ، فان الحياة على سطح الأرض مرهونة بتلك الاشعاعات .

وفى بعض الأحيان يتأجج الحمل الحرارى بما يؤدى الى ثورة عنيفة على السطح ينبج عنها لفظ كميات من المادة الشمسية ، ليس على هيئة اشعاعات فحسب ، بل كتل من المادة أيضا الى الفضاء .

وكان عام ١٨٤٢ قد شهد كسوفًا كاملاً للشمس وكان مرئياً فى جنوبى فرنسا وشمالي إيطاليا . ولم تكن ظواهر الكسوف والخسوف فى مناطق بعيدة عن أماكن المراصد الفلكية المتطورة ولم يكن من اليسير آنذاك الانتقال بحمل كبير من المعدات لمسافات طويلة . غير أن كسوف عام ١٨٤٢ وقع بالقرب من المراكز الفلكية فى غرب أوروبا وبالتالى احتشد العلماء بمعداتهم لدراسة هذه الظاهرة .

ولاحظ العلماء منذ الوهلة الأولى أن قرص الشمس تضوى من حوله أجسام تميل الى الحمرة ، وقد ظهرت تلك الأجسام بوضوح ما أن حجب القمر وهج القرص الشمسى . وكانت تلك الأجسام تبدو كنافورة متدفقة من المواد المندفعة الى الفضاء وقد سميت « بالشواظ الشمسى » .

غير أن العلماء لم يعرفوا على وجه اليقين هى ذلك الحين ما اذا كان ذلك الشواظ ينطلق من الشمس أم من القمر . ثم شهد عام ١٨٥١ كسوفاً « أوروبياً » آخر ظهر بوضوح فى السويد . وقد حسمت الدراسات الدقيقة الأمر وأصبح يقينا أن الشواظ ظاهرة شمسية ولا دخل للقمر بها .

ومنذ ذلك الحين أصبح الشواظ الشمسى موضع دراسة معمقة . ويمكن حالياً باستخدام الأجهزة الملائمة رؤية الشواظ فى أى وقت دون حاجة لانتظار حدوث كسوف كامل . ويندفع بعض ذلك الشواظ لأعلى بقوة بالغة حتى ليصل الى ارتفاعات شاهقة تناهز عشرات الألوف من الكم فوق سطح الشمس . وبعض الشواظ يندفع كموجة انفجارية بسرعات تصل الى ١٣٠٠ كم (٨٠٠ ميل) فى الثانية .

ورغم أن الشواظ يعد أكثر ما يثير الدهشة من بين الظواهر التي تحدث على سطح الشمس غير أنه ليس الأكثر ديناميكية ونشاطا .

وفي عام ١٨٥٩ رصد عالم الفلك الانجليزي ريتشارد كريستوفر كارينجتون (١٨٢٦ - ١٨٧٥) نقطة ضوئية تشبه النجوم تنبعث من سطح الشمس واستمرت لمدة خمس دقائق ثم خبت ، وكانت تلك المرة الأولى التي يرصد فيها ما يعرف الآن باسم الوهج الشمسي . وقد أعزى كارينجتون تلك الظاهرة الى سقوط نيزك ضخيم على الشمس .

ولم يحظ ما شاهده كارينجتون بقدر كبير ، من الاهتمام الى أن اخترع عالم الفلك الأمريكي جورج ايلري هال (١٨٦٨ - ١٩٣٨) جهاز مراقبة الطيف الشمسي في عام ١٩٢٦ . وقد أتاح هذا الجهاز دراسة الشمس من خلال طول موجة خاص ، ولما كانت الوهجات الشمسية غنية بشكل ملموس ببعض أشعة الضوء ذات أطوال الموجات الخاصة ، فإن الوهجات تظهر بوضوح لو نظرنا الى الشمس من خلال تلك الموجات .

ونحن نعرف الآن أن الوهجات الشمسية متماثلة الى حد كبير ، ولكن تتداخل معها بقع داكنة تسمى « كلف شمسي » . وعندما تكون الشمس غنية بمثل ذلك الكلف تظهر وهجات صغرى كل بضعة ساعات ، أما الوهجات الكبرى فتظهر كل عدة أسابيع .

وتعد الوهجات أو السنة اللهب الشمسية انفجارات عنيفة تقع على سطح الشمس . وتنسم المناطق المتوهجة بأنها على درجة حرارة أعلى كثيرا من المناطق غير المتوهجة المحيطة بها ، ومن شأن لسان لهب لايتجاوز واحد على ألف من مساحة الشمس أن يطلق من الأشعة النشطة ذات الطاقة العالية - مثل الأشعة فوق البنفسجية والسينية ، بل وأشعة جاما - ما يفوق مجموع ما ينبعث من كل السطوح غير المتوهجة في الشمس .

ورغم أن الشواظ الشمسي يبدو مبهرا ويستمر في بعض الأحيان لبضعة أيام غير أنه لا يفقد الشمس سوى قدر ضئيل للغاية من مادتها ، ويختلف الأمر بالنسبة للسنة اللهب الشمسية ، فهي أضعف كثيرا من حيث الرؤية وكثير منها لا يدوم لأكثر من بضعة دقائق ، بل إن أكبر السنة اللهب الناجمة عن تلك الانفجارات خبا تماما خلال ساعتين ، ومع ذلك فإنها تنسم بقدر من القوة والطاقة بحيث إن ما تلفظه من مادة الى الفضاء تفقده الشمس الى الأبد .

وقد بدأت طبيعة تلك الظواهر تتيسر على الفهم في عام ١٨٤٣ عندما أعلن عالم الفلك الألماني صمويل هنريتش شوابي (١٧٨٩ - ١٨٧٥)

أن عدد بقع الكلف على سطح الشمس يزيد ويقل فيما يبدو بشكل دورى . وتستغرق الدورة حوالى أحد عشر عاما • وكان شوابى قد عكف عكونا شبه يومى على دراسة الشمس لمدة ١٧ سنة • وفى عام ١٨٥٢ لاحظ الفيزيائى البريطانى ادوارد سابين (١٧٨٨ - ١٨٨٢) أن مظاهر الخلل فى المجال المغناطيسى الأرضى تشتد وتضعف بشكل متواز مع دورة الكلف الشمسى •

وقد بدا ذلك للوعلة الأولى مجرد تطابق احصائى فلم يكن أحد يدرى ما العلاقة التى يمكن أن تربط بين الظاهرتين • ولكن مع مرور الوقت وبفهم الطبيعة النشطة للتوهجات الشمسية تكتشفت تلك العلاقة ، وقد حدث ذات يوم أن وقع انفجار شمسى ضخم بالقرب من مركز القرص الشمسى (أى فى مواجهة الأرض مباشرة) ولوحظ بعد مرور يومين أن ابر البوصلات فقدت كل حساسيتها المغناطيسية واختلت تماما بينما انتشر الشفق بشكل مبهر •

وقد اكتسى فارق اليومين أهمية كبيرة • فلو أن ما تعرضت له الأرض من تأثيرات ناجم عن الاشعاعات الواردة من الشمس لما زاد الوقت بين الانفجار وتأثيراته على ثمانى دقائق ، وهو الوقت اللازم لانتقال الأشعة من الشمس الى الأرض بسرعة الضوء ، ولكن فارق اليومين يعنى انه أيا كان ما تعزى اليه تلك التأثيرت فلا بد انها انتقلت من الشمس الى الأرض بسرعة تناهز تسعمائة كم (٥٦٠ ميلا) فى الثانية • صحيح أنها سرعة كبيرة ولكنها ليست بأى حال قريبة من سرعة الضوء • ولعلنا نتوقع أن تكون هذه هى سرعة الجزيئات دون الذرية ، ولو أن مثل تلك الجزيئات تحمل شحنات كهربية وانطلقت فى اتجاهنا على اثر أحداث وقعت فى الشمس لأحدثت لدى مرورها بالأرض نفس التأثيرات على ابر البوصلات والشفق •

وما أن استوعبت البشرية نظرية الجزيئات دون الذرية التى تنطلق من الشمس بقوة شديدة حتى اتسع نطاق فهم سمة أخرى من سمات الشمس •

عندما تتعرض الشمس لكسوف كامل فبوسعنا أن نرى بالعين المجردة هالة متألثة حول الشمس تتوسطها دائرة القمر المعتمة • وتلك هى « الكليل الشمس » •

وإذا كان كسوف عام ١٨٤٢ قد أتاح اجراء الدراسات العلمية الأولى عن الشواظ ، فقد فتح المجال أيضا لأول دراسة دقيقة حول الاكليل

الشمسى • وقد تبين أن هذا الاكليل أيضا ظاهرة شمسية لا قمرية .
واعتبارا من عام ١٩٦٠ دخل التصوير كعامل مساعد فى دراسة الاكليل
الشمسى ثم استخدم بعد ذلك جهاز التحليل الطيفى لنفس الغرض •

ولقد كان عالم الفلك الأمريكى تشارلز أغسسطس يونج (١٨٣٤ -
١٩٠٨) أول من درس التحليل الطيفى للاكليل الشمسى وكان ذلك خلال
كسوف للشمس ظهر فى اسبانيا فى عام ١٨٧٠ • وقد لاحظ وجود خط
اخضر لامع ضمن الطيف ، خط لايتفق فى موقعه مع أى خط معروف فى
الطيف لأى عنصر معلوم • كما رصد خطوطا أخرى غريبة وافترض انها
تمثل عنصرا غير معلوم وأسماه « كورونيوم » نسبة الى كورونا الاسم
الانجليزى للاكليل الشمسى •

وظلت المعلومات عن الكورونيوم محدودة ، باستثناء ملاحظة وجود
ذلك الخط الطيفى ، الى أن تكشفت طبيعة البنية الذرية ، فكل ذرة
تتكون من نواة ثقيلة فى المركز ويحيط بها واحد أو أكثر من الالكترونات
خفيفة الوزن • وكلما أبعد الكترون عن الذرة تغيرت الخطوط الطيفية
لتلك الذرة ، ورغم توصل الكيميائيين الى دراسة أطيف ذرات أبعد عنها
عدد محدود من الالكترونات ، فإن التقنيات فى ذلك الحين لم تكن تتيج
نزع عدد كبير من الالكترونات ودراسة الطيف فى تلك الأحوال •

ولكن فى عام ١٩٤١ تمكن بنجت أدلن من أن يثبت أن «الكورونيوم»
ليس بعنصر جديد على الإطلاق • فالعناصر العادية مثل الحديد والنيكل
والكاليسيوم ، اذا نزع من ذراتها عدد من الالكترونات يناهز اثنى عشر
أو نحو ذلك ، فانها تعطي خطوطا تماثل خطوط « الكورونيوم » • وبالتالي
فما « الكورونيوم » الا عناصر عادية تعرضت لحالات متعددة من الخلل
فى الكترونها •

ولا يقع مثل ذلك الخلل المتعدد الا فى ظل درجات حرارة بالغة
ولذلك افترض أدلن أن درجة حرارة الاكليل الشمسى لابد وأن تتراوح
بين مليون ومليونى درجة مئوية • وقد قوبل ذلك فى البداية برفض
شبه تام ، ولكن مع دخول عصر الصواريخ وجد أن الاكليل الشمسى
تنبعث منه أشعة سينية ، وما كان ذلك ليحدث الا لو كانت حرارتها فى
الحدود التى افترضها أدلن •

ويبدو مما تقدم أن ذلك الاكليل أو تلك الهالة هى الغلاف الجوى
للشمس وتغذيها باستمرار المواد المندفعة لأعلى وللخارج نتيجة للانفجارات
الشمسية • وتتسم الهالة الشمسية بأن درجة كثافتها ضئيلة للغاية

فهي تحتوى على أقل من بليون جزء فى السنتيمتر المكعب وتلك الكثافة لا تتجاوز فى المتوسط واحدا على تريليون من كثافة الغلاف الجوى للأرض على مستوى سطح البحر ، وذلك يجعل من الغلاف الجوى للشمس وسطا فراغيا ممتازا . ومن جهة أخرى فالطاقات المنطلقة من سطح الشمس لأعلى - سواء بسبب الانفجارات الشمسية ، أو المجالات المغناطيسية ، أو الاهتزازات الصوتية الضخمة الناجمة عن تيارات الحمل والفوران - تتوزع على هذا العدد الضئيل نسبيا من الجزيئات فى الغلاف الجوى . وبالتالي فرغم أن الكم الإجمالى من الحرارة الموجود فى الاكليل الشمسى قليل (مع الأخذ فى الاعتبار حجمها الهائل) ، فإن كمية الحرارة المشحونة فى كل من ذلك السند الضئيل من الجزيئات بالغة ، وهذا ما يسمى « كمية الحرارة فى الجزء » والتي تتمثل فى درجة الحرارة التي نقيسها .

وليست الجزيئات الموجودة فى الاكليل الشمسى سوى الذرات المنفردة المندفعة لأعلى من سطح الشمس وقد انفصلت عن معظمها أو كلها الالكترونات نتيجة الحرارة العالية . ولما كانت الشمس تتكون فى معظمها من الهيدروجين فمعظم تلك الجزيئات هي نويات هيدروجين أو بمعنى آخر بروتونات . وبلى الهيدروجين من حيث الكمية نوى الهليوم . أما كل النويات الأخرى الأكثر وزنا فعددها بالغ الضالة . ورغم أن بعض تلك النويات الثقيلة من شأنها أن تظهر خطوطا طيفية ملموسة من « الكورونيوم » ، فهي لا توجد الا بكميات لاتذكر .

وبما أن الجزيئات فى الاكليل الشمسى تتحرك للخارج فى جميع الاتجاهات ، فإن الهالة تزداد تضخما بينما تتناقص كثافتها أكثر وأكثر . وذلك يعنى أن الضوء المنبعث من الشمس يضعف الى أن يختفى تماما على بعد معين من الشمس .

غير أن كون الهالة الشمسية تضعف وتتجه الى التوارى لايعنى زوال خاصية وجودها على هيئة جزيئات مندفعة للخارج . وفى عام ١٩٥٩ أطلق الفيزيائى الأمريكى أوجين نيومان باركر (١٩٢٧ -) على هذه الجزيئات المندفعة اسم « الرياح الشمسية » .

وتمتد الرياح الشمسية الى ما وراء الكواكب الداخلية . بل إن أجهزة الرصد فى الصواريخ أظهرت وجود رياح شمسية وراء مدار كوكب زحل ، ومن المحتمل أن يمتد ما يمكن رصده من تلك الرياح الى ما وراء مدارى نبتون وبلوتو . نستنتج من ذلك أن كل الكواكب تتحرك حول الشمس وداخل غلافها الجوى ، غير أن كثافة ذلك الغلاف الشمسى محدودة بحيث لاتؤثر بأي شكل ملموس على حركة الكواكب .

ولكن تلك الكثافة - من ناحية أخرى - ليست بالضالة التي تحول دون أن يكون لها أنواع أخرى من التأثيرات الملموسة . فجزيرات الرياح الشمسية مشحونة كهربيا وهذه الجزيرات المشحونة هي التي يجتذبها المجال المغناطيسى للأرض فتتكون « أحزمة فان ألن » ، وتحدث الشفق ، ونؤثر على المجال المغناطيسى للبوصلات والأجهزة الالكترونية . والانفجارات الشمسية تعمل لحظيا على تقوية الرياح الشمسية كما تعمل لفترة من الوقت على تكثيف تلك التأثيرات بشكل كبير .

وفى المحيط القريب من الأرض تتحرك جزيرات الرياح الشمسية بسرعة تتراوح بين ٤٠٠ و ٧٠٠ كم (٢٥٠ - ٤٣٥ ميلا) فى الثانية وتتراوح عددها بين واحد وثمانين فى السم المكعب . ولو أن تلك الجزيرات ترتطم بسطح الأرض لكان لها تأثير ضار على الحياة ، ولكن المجال المغناطيسى والغلاف الجوى للأرض يشكلان مظلة واقية من ذلك الخطر .

وتصل كمية ما تنتزعه الرياح الشمسية من مادة الشمس الى بليون كجم (٢٢٢ بليون رطل) فى الثانية . وتعد هذه كمية ضخمة بالنسبة لمقاييس الانسان ، أما بالنسبة للشمس فتكاد لا تذكر . وتعد الشمس فى طورها الرئيسى منذ نحو خمسة ملايين سنة ويقدر لها أن تستمر فى نفس المرحلة لخمسة أو ستة بلايين سنة أخرى . ولو أن الرياح الشمسية استمرت تنتزع من مادة الشمس بنفس المعدل فان مجموع ما ستفقدته الشمس طوال عمرها فى مرحلة الطور الرئيسى لن يتجاوز ١ / ٥٠٠٠ من كتلتها .

ومع ذلك فلا تشكل نسبة $\frac{1}{5000}$ من كتلة نجم ضخمة شيئا يذكر قياسا بمقدار ما يضاف اليه من امداد عام بالمادة التى تسبح فى الفضاء الناماس بين النجوم . ذاك هو المثال الأول لما يمكن أن يحدث من انتزاع مادة النجوم لتضاف الى محيطات الغاز فيما بين الكواكب .

ولا تنفرد الشمس بتلك الظاهرة ، فكل الأدلة تبعث على الاعتقاد بأن أى نجم لم يصل بعد الى مرحلة الانقباض يشع « رياحا نجمية » .

وإذا لم يكن يوسعنا دراسة النجوم الأخرى على نحو ما درسنا الشمس ، فتمه مؤشرات تفيد بذلك . هناك على سبيل المثال « المتقرزمات الحمراء » الضئيلة فى حجمها والباردة التى تبدي على فترات غير منتظمة وبصورة فجائية ارتفاعا فى مستوى بريقها مصحوبا بتحول ضوئها الى اللون الأبيض . ويدوم ذلك التغير لفترة تتراوح بين بضع دقائق وساعة أو نحو ذلك ، ويكتسى كل المواصفات التى تبعث على الاعتقاد بأنه ناجم عن

اندلاع ساطع على سطح النجم الصغير . ومن ثم يطلق على تلك المتقزمات الحمراء اسم « النجوم الاندلاعية » .

ولو أن اندلاع وهج في نفس حجم ما يقع على سطح الشمس وقع على سطح نجم صغير فسيكون تأثيره ملموسا بدرجة تفوق كثيرا حالة الشمس . فالوهج الذى يؤدي الى زيادة ضوء الشمس بنسبة ١٪ من شأنه لو وقع على نجم ضعيف - أن يقوى ضوءه بنسبة ٢٥٠٪ .

ومن ثم ، ربما تنفث المتقزمات الحمراء قدرا كبيرا من الرياح النجمية فالنجوم العملاقة الحمراء تتسم ببنية متضخمة بحيث يصل قطر بعضها الى خمسمائة مثل قطر الشمس . وذلك يعنى أن قوة الجاذبية على سطحها ضئيلة نسبيا حيث ان الزيادة فى الكتلة يقابلها - وبنسبة قد تربو على مقدار الزيادة - طول المسافة بين السطح والمركز .

علاوة على ذلك ، فالنجوم العملاقة الحمراء تقترب من نهاية مرحلة التمدد ، ولن يمر وقت طويل حتى تتعرض للانقباض ، ومن ثم فهي فى حالة فوران وثورة غير عادية . ويبحث ذلك على الاعتقاد بأن مادة العملاق الأحمر تندفع بقوة شديدة ازاء قوة الجاذبية الضعيفة نسبيا .

ويقع العملاق الأحمر الضخم المعروف باسم منكب الجوزاء على مسافة من الأرض تتيح لعلماء الفلك جمع بعض التفاصيل عنه . فيعتقد على سبيل المثال أن رياحه النجمية تعادل بليون مثل كثافة الرياح الشمسية . ورغم أن كتلة منكب الجوزاء تعادل ١٦ مثل كتلة الشمس فإنه لو استمر يلفظ مادته فى صورة رياح نجمية بهذا المعدل فسوف ينعدم تماما فى غضون مليون سنة أو نحو ذلك ، غير انه سيتعرض للانقباض قبل ذلك بكثير .

ولعلنا نفترض أن كثافة الرياح الشمسية فى المتوسط لا تختلف كثيرا عن متوسط كثافة الرياح النجمية بصفة عامة . من هنا نحسب انه لو كانت مجرتنا - تقديرا - تحتوى على ثلاثمائة بليون نجم فإن اجمالى ما ستفقده هذه النجوم نتيجة الرياح النجمية سيصل الى ثلاثمائة بليون بليون (أى ٣ × ٢٠١٠) كجم أى (٢٦٢ × ٢٠١٠ رطل) فى الثانية .

وذلك يعنى انه كل مائتى عام تنتقل الى الفضاء كمية من مادة النجوم تساوى كتلة الشمس . وبفرض أن عمر مجرتنا ١٥ بليون سنة وأن الرياح النجمية استمرت بنفس المعدل على مدى هذا الزمن فإن اجمالى ما انتقل

إلى الفضاء من كتلة النجوم يعادل كتلة نحو ٧٥ مليون نجم في نفس حجم الشمس أو $\frac{1}{400000000}$ من كتلة المجرة .

والرياح النجمية تنتزع من الطبقات الخارجية للنجوم وهي طبقات مقصورة (أو شبه مقصورة) على الهيدروجين والهيليوم . ومن ثم تتكون تلك الرياح كليا (أو شبه كليا) من نويات الهيدروجين والهيليوم ولا وجود للنويات الثقيلة في الخليط السائد في المجرة . فالنويات الثقيلة المكونة في جوف النجوم تبقى مكانها ولا يؤثر عليها اندلاع الرياح النجمية من الأسطح ، حيث تبعد عنها كثيرا .

ولو أن نجما يحتوى على نسبة طفيفة من النوى الثقيلة في طبقاته العليا بعيدا تماما عن الجوف (كحالة الشمس) فبدهي أن تحتوى رياحه النجمية على مسحة منها . غير أن مثل تلك النويات الثقيلة لم تتكون في جوف النجوم ولكنها موجودة في الطبقات الخارجية منذ أن تكون النجم أصلا . لقد انتقلت إلى النجم من مصدر خارجي ، مصدر نسعى لمعرفة .

الافلات عن طريق كارثة

ولما كانت الرياح النجمية ليست بالآلية التي تنتقل بها النويات الثقيلة من جوف النجوم إلى الفضاء فلا بد أن نتجه بتفكيرنا إلى ما تتعرض له النجوم من ظواهر أكثر عنفا في أعقاب مرحلة الطور الرئيسى .

إن هذا الاتجاه في التفكير من شأنه مباشرة أن يسنبعد غالبية النجوم ، وهي تلك التي يقل حجمها كثيرا عن الشمس وتتراوح نسبتها بين ٧٥ و ٨٠٪ . تلك النجوم تشهد مرحلة الطور الرئيسى ويتوقع لها أن تستمر في هذه المرحلة لفترة تتراوح بين ٢٠ و ٢٠٠ بليون سنة بحسب مدى صغر النجم . وذلك يعنى أن ما من نجم صغير في الكون قد تجاوز مرحلة الطور الرئيسى ، حتى وإن كان قد تكون في المرحلة الأولى لنشأة الكون ، أى خلال البليون سنة الأولى عقب الانفجار العظيم . فلم يتسع المجال لمثل تلك النجوم لأن تستهلك كل وقودها من الهيدروجين بقدر يجعلها تتجاوز مرحلة الطور الرئيسى .

علاوة على ذلك ، فمن سمات انتقال نجم صغير من طوره الرئيسى أنه يتم بحده أدنى من الأحداث الصاخبة . وعلى حد علمنا ، كلما صغر حجم النجم خفت مدة ما يشهده من تفاسعات عقب انتهاء الطور

الرئيسي • عند تلك المرحلة يتمدد النجم الصغير (شأنه في ذلك شأن كل النجوم) ويتحول الى عملاق أحمر ، لكن عملاق أحمر صغير نسبيا • ومن هذا العملاق الأحمر سيستمر على الأرجح لعمر يزيد كثيرا على أى من تلك النجوم العملاقة الحمراء الملقبة بالانتباه ، ثم ينقبض عندما يحين الألوان ، بقدر ما من الهدوء ، ويتحول الى متقزم أبيض يقل فى كتافته عن متقزمات من قبيل الشعري اليمانية ب •

والعناصر الثقيلة التى تشكل البنية الداخلية لنجم صغير - ومعظمها من الكربون والنيوتروجين والاكسجين - والتى بقيت فى جوفه على مدى الطور الرئيسى ، ستبقى كذلك فى قلب المتقزم الأبيض عقب انقباض النجم ، ولا مجال لأن تنتقل الى خزان الغاز الفضائى الا بقدر طفيف • ومن ثم فان أى عناصر ثقيلة تتكون فى النجوم الصغيرة تبقى فى مكانها الى مالا نهاية باستثناء حالات خاصة نادرة •

أما النجوم التى فى مثل كتلة شمسنا - أو تلك التى تزيد أو تقل عنها بنسبة تتراوح بين ١٠٪ و ٢٠٪ - فهى تنقلص الى متقزم أبيض بعدما تدوم فى مرحلة الطور الرئيسى لفترة لا تزيد عن خمسة الى خمسة عشر بليون سنة • ويتوقع لشمسنا أن تستمر فى مرحلة الطور الرئيسى لحوالى عشرة بلايين سنة ، حيث انها لم تتكون الا منذ نحو خمسة بلايين سنة • والنجوم التى تماثل الشمس فى كتلتها ولكن أقدم منها ، من المرجح أن تكون حاليا قد تجاوزت مرحلة الطور الرئيسى • وكل مثل تلك النجوم التى تكونت فى صبا الكون لابد أيضا انها تجاوزت تلك المرحلة •

والنجوم التى فى مثل كتلة الشمس تتحول الى عملاقة حمراء أضخم من تلك الناجمة عن نجوم صغيرة • والنجوم العملاقة الحمراء الأكبر تنقلص - عندما يحين الألوان - بشكل أعنف من حالة النجوم الصغيرة • وتكون طاقة الانقباض بقدر يبعث على تتطاير الطبقات الخارجية للنجم الى الفضاء وتكوين سديم كما أشرنا اليه آنفا فى هذا الكتاب •

ويلغ ما تنزحه حالة الغاز المتمددة ، الناجمة عن انقباض نجم فى حجم الشمس ، ما يتراوح بين عشرة وعشرين فى المائة من الكتلة الأصلية للنجم • غير أن المادة المحررة تنزح من الطبقات الخارجية للنجم • ولكن تلك الطبقات الخارجية مازالت تتكون أساسا من خليط من الهيدروجين والهليوم ، حتى وان كان النجم على وشك الانقباض •

وحتى لو تسنى انتقال نويات ثقيلة من جوف النجم الى سطحه ، بسبب ما يتعرض له من فوران قبيل الانقباض ، واندفعت تلك النويات

الى الفضاء ضمن هالة الغاز ، فكيميتها لا تتجاوز قدرا ضئيلا للغاية قياسا بما هو موجود من مثل تلك النويات فى سحب الغازات الفضائية .

ولكن ، وبما اننا بصدد الحديث عن المتقزمت البيضاء وتكوينها ، فماذا عن تلك الحالات الخاصة التى تشكل فيها المتقزمت البيضاء خاتمة نهائية ميتة للنجم ؟ ألا يكون من شأنها أن تعمل على توزيع المادة فى الفضاء ؟

لقد تناولنا فى فصل سابق من هذا الكتاب تلك الفئة من المتقزمت البيضاء التى تشكل طرفا فى ثنائى والتى تكتسب مادة من النجم المرافق بينما يتمدد ليبدأ مرحلة العملاق الأحمر . وعرفنا أن المادة المنقولة تتعرض من فورها للاندماج النووى على سطح المتقزم الأبيض بما يولد طاقات هائلة تؤدى الى اضمحاء وهج على النجم ويرى فى الأرض كظاهرة نوبا ، كما تؤدى الى اطلاق المادة المنصهرة الى الفضاء .

غير أن المادة المنقولة الى المتقزم الأبيض من الطبقات الخارجية للعملاق الأحمر المتمدد تتكون أساسا من الهيدروجين والهليوم . وتسفر عملية الاندماج النووى عن تحول الهيدروجين الى هليوم ومن ثم فالمادة المتطائرة الى الفضاء انما هى سحب من الهليوم . وفى هذه الحالة أيضا، لو تصادف أن نويات ثقيلة ذات بنية أعقد من الهليوم كانت ضمن ما انتقل من النجم المرافق أو تكونت نتيجة التفاعل الاندماجى ، فإن كيميتها ستكون باللغة الضالة قياسا بما تحويه السحب الفضائية من نويات ثقيلة .

أين نحن الآن إذن ؟ لم يتبق سوى مصدر محتمل واحد وهو الانفجارات السوبر نوبا .

لقد أسلفنا الإشارة الى أن الانفجارات السوبر نوبا من النوع « أ » تقع فى اطار ملايسات مماثلة لما يحدث بالنسبة للانفجارات النوبا العادية . ففى الحالتين تنتقل الى أحد المتقزمت البيضاء مادة من نجم مرافق قريب فى مرحلة التمدد فى سبيل التحول الى عملاق أحمر . والفارق فى حالة السوبر نوبا من النوع « أ » أن كتلة المتقزم الأبيض تكون قريبة من حد ساندرا سيخار بحيث تتجاوزته اثر انتقال المادة الجديدة اليه . ثم يحين أوان انقباض المتقزم الأبيض حيث يتعرض لعمليات اندماج نووى مكثفة تؤزل به فى النهاية الى الانفجار .

ويمكن من نتيجة ذلك الانفجار ، أن بنية المتقزم الأبيض بأكملها ، والتى تعادل كتلتها ١.٤ مثل كتلة الشمس ، تتمزق الى سحابة ممتدة من الغازات . ونلمس على الأرض ذلك الحدث على هيئة بريق لفترة

محدودة ولكن سرعان ما تخبو الاشعاعات مهما كانت قوية لحظة الانفجار .
أما سحب الغاز فتظل في حالة تمدد وتستمر للملايين السنين الى أن تتلظى
تدريجيا وتذوب في الوسط العام السائد في الفضاء .

وينتج عن انفجار المتقزم الأبيض أن تنتشر في الفضاء كمية هائلة
من الكربون والنيتروجين والاكسجين والنيون (وهى العناصر الأكثر شيوعا
بين النويات الثقيلة) . وخلال الانفجار يحدث مزيد من الاندماج النووي
ولكن بقدر محدود يسفر عن تكوين كمية ضئيلة من النويات الأكبر
تعقيدا من النيون .

وبدئى أن عددا محدودا فقط من المتقرزمات البيضاء له من الكتلة ومن
القرب من نجم مرافق متضخم ، ما يتيح تحوله الى سوهر نوبا من النوع أ .
غير أن الكون لايد قد شهد على مدى ١٤ بليون سنة من عمره عددا كافيا
من مثل تلك الانفجارات بما يسفر عن تكون نسبة كبيرة من النويات الثقيلة
في الوسط الفضائى .

أما الجزء المتبقى من النوى الثقيلة الموجودة في الوسط الغازى السائد
بين الكواكب في الفضاء فهو ناجم عن الانفجارات السوبر نوبا من النوع ب .
وتشمل تلك الانفجارات - على نحو ما أسلفنا فى هذا الكتاب - النجوم
الثقيلة التى تعادل كتلتها عشرة أو عشرين بل وستين مثل كتلة
الشمس .

ان مثل تلك النجوم الضخمة تتحول الى عملاق أحمر عظيم الحجم ،
وتشهد خلال تلك المرحلة سلسلة من التفاعلات النووية المستمرة فى جوها
بما يتيح تكون كمية كبيرة من نويات الحديد . وتلك هى نقطة النهاية
الميتة التى لايمكن أن يتواصل بعدها الاندماج النووى كآلية لتوليد الطاقة .
ومن ثم ، وعند درجة معينة من انتاج الحديد يتعرض العملاق الأحمر
للاقباض .

غير أن مثل هذا العملاق الأحمر يكون من الضخامة بمكان بحيث
مهما احتوت طبقاته الجوفية المتتابة على نويات ثقيلة بدرجاتها المتتالية
وحتى الحديد ، فإن طبقاته الخارجية تحتوى على كميات هائلة من
الهيدروجين الخام الذى لم يتعرض مطلقا لحرارة عالية وضغوط تزج به فى
عمليات اندماجية .

ولكن عندما ينقبض عملاق أحمر فإن ذلك يحدث بصورة مباغتة
خاطفة بما يسفر عن ارتفاع مفاجيء وهائل فى كل من الحرارة والضغط .
وعلى الفور ، تتعرض كل نويات الهيدروجين (والهليوم أيضا) - التى

كانت حتى الآن بمثابة نسبيا عن التفاعلات - للانفجارات النووية . وينتج عن ذلك انفجار نووي مروع ، نراه على هيئة سوپر نوبا من النوع ب .

أما الطاقة الناجمة عن ذلك الانفجار فهي تفسح المجال لمزيد من التفاعلات النووية التي تؤدي الى تكون نويات أكثر ثقلا من الحديد . ان مثل تلك التفاعلات تحتاج الى كمية ضخمة من الطاقة ، والانفجارات السوبر نوبا من النوع ب تولد في ذروتها مثل ذلك القدر ، لتتكون بالفعل نويات تفصل في تعقيد بنيتها الى نوى اليورانيوم بل وأبعد من ذلك . ان الطاقة المتوفرة في تلك اللحظة تتيح تكون نويات العناصر المشعة (أي غير المستقرة) والتي ستعرض يوما ما للانحطاط . وفي الواقع فان كل النويات الثقيلة الموجودة حاليا في الكون انما هي نتيجة انفجارات سوپر نوبا من النوع ب .

والنجوم التي لها من الكتلة ما من شأنه ان يؤول بها حتما الى انفجار سوپر نوبا من النوع ب ليست شائعة الوجود ، اذ لا تتجاوز نسبتها واحدا في المليون . وقد يعطي ذلك انطباعا بنسبة وجود مثل تلك النجوم ولكنه انطباع دون الحقيقة ، فهذه النسبة تعني وجود عشرات الألوف من تلك الفئة من النجوم في مجرتنا .

واذ عرفنا ان مثل تلك النجوم الضخمة لا يدوم بها الحال في مرحلة الطور الرئيسي الا لبضعة ملايين من السنين ، الا يبعث ذلك على التساؤل لماذا لم نتعرض كلها للانفجار منذ زمن بعيد؟ والإجابة هي أن الزمن يشهد باستمرار تكون نجوم جديدة ومنها ما هو ثقيل وظواهر السوبر نوبا من النوع ب التي نراها الآن ان هي الا انفجارات نجوم تكونت منذ عهد قريب لا يتجاوز عدة ملايين من السنين . اما الانفجارات السوبر نوبا « ب » التي ستحدث في المستقبل البعيد فلم تتكون بعد النجوم الضخمة التي ستعرض لمل ذلك الحدث .

وقد يكون هناك انفجارات سوپر نوبا أعنف من النوع ب . فحتى وقت قريب نسبيا لم يكن أحد من علماء الفلك يتصور وجود نجوم تزيد في كتلتها عن ستين مثل كتلة الشمس . كانوا يعتقدون انه لو زادت كتلة النجم عن تلك النسبة لتولد في جوفه من الحرارة ما يؤدي الى انفجاره على التو مهما بلغ من قوة جاذبيته . وذلك يعني انه سينفجر بمجرد أن يتكون .

غير أنه تبين في الثمانينات من القرن الحالي أن ذلك الفكر لم يأخذ في الحسبان ببعض جوانب نظرية اينشتين عن النسبية العامة . وما أن أضيفت تلك الاعتبارات الى الحسابات الفلكية حتى اتضح انه يمكن وجود

نجوم يصل قطرها الى مائة مثل قطر الشمس وتصل في كتلتها الى ألفى مثل كتلة الشمس ومع ذلك تتسم بقدر معقول من الاستقرار . وقد أظهرت بعض عمليات الرصد الفلكي بالفعل وجود مثل تلك النجوم فوق الثقيلة .

ولا شك أن النجوم فوق الثقيلة سيكون من شأنها أن تنقبض وتعرض لانفجارات سوپر نوبا تولد طاقات تفوق بكثير ما تولده السوبر نوبا العادية وتدمر لفترات أطول كثيرا من الحالات العادية . وقد يبعث ذلك على تصنيف تلك الانفجارات « كانهجارات سوپر نوبا من النوع ج » .

وقد قام عالم فلك سوفيتي يدعى ف . ب . اورتروبين بمراجعة السجلات الفلكية عسى أن يجد فيها ما يفيد بوقوع سوپر نوبا من النوع ج . ولعله وجد ضالته في انفجار سوپر نوبا رصد في عام ١٩٦١ في إحدى مجرات برج فرساوس ، حيث وجد أن ذلك الانفجار لم يبلغ ذروة بريقه في بضعة أيام أو أسابيع بل استغرق ذلك سنة بأكملها ثم خبا ببطء شديد حتى أنه استمر مرثيا لتسع سنوات بعد ظهوره . ويقدر اجمالي ما ولده من طاقة بعشرة أمثال ما يولده الانفجار السوبر نوبا العادي . ورأى العلماء في ذلك الحين ان هذا حدث غريب أوقعهم في حيرة .

ان مثل تلك النجوم فوق الثقيلة تتسم بندرة بالغة ولكنها تنتج من النوى الثقيلة ما يفوق الألوف أو يزيد من مثل ما تنتجه الانفجارات السوبر نوبا العادية . وهذا يعنى أنها تسهم في تكوين قدر كبير من النويات الثقيلة السائدة في الوسط الفضائي .

ويقدر عدد ما شهدته مجرتنا منذ تكونها من شتى أنواع الانفجارات السوبر نوبا بحوالى ثلاثمائة مليون انفجار (وبالطبع شهدت المجرات الأخرى نسبيا مماثلة في الانفجارات - كل مجرة بحسب حجمها) وذلك يكفى لأن تتكون الكميات الموجودة في الفضاء من النوى الثقيلة وفي الطبقات الخارجية للنجوم العادية ولأى كواكب أخرى علاوة على تلك النويات الثقيلة الموجودة في مجموعتنا الشمسية .

من هنا نرى أن الأرض كلها تقريبا ، والانسان في النسبة الغالبة من بنيانه ، يعتمدان على ذرات تكونت في جوف نجوم غير الشمس ثم انتشرت في الفضاء بسبب انفجارات سوپر نوبا سابقة . وليس بوسعنا أن نتحدث عن ذرات بعينها ونقول أى نجم مصدرها وامتى على وجه التحديد انفجر في الفضاء ولكننا ندرك انها تكونت في نجم بالغ البعد عن الأرض ووصلت إلينا في أعقاب انفجار وقع منذ زمن صحيح .

ومن ثم فنحن وعالمنا لا يرجع أصل بنياننا الى النجوم فحسب ، بل الى النجوم المتفجرة وبمعنى آخر الى الانفجارات السوبر نوبا .

نجوم وكواكب

الجيل الأول من النجوم

نشأ الكون في أعقاب الانفجار العظيم الذي وقع منذ نحو خمسة عشر بليون سنة . وكانت بدايته على قدر من الضالة تفوق الخيال ، وفي ظل درجة حرارة تتجاوز كل المقاييس .

ثم تمدد الكون بسرعة هائلة وانخفضت درجة حرارته . وكان في مستهله يتكون من اشعاعات (فوتونات) وكوارك quarks علاوة على الالكترونات والنتريونات وسرعان ما تكونت بعد ذلك جسيمات أكثر ثقلا ولكن دون الذرة مثل البروتونات والنترونات . ومع استمرار تمدد الكون وانخفاض درجة حرارته كونت البروتونات والنترونات نويات عناصر مثل الهيدروجين ٢ والهليوم ٣ والهليوم ٤ غير أن التفاعلات توقفت عند ذلك الحد . وان هي الا بضعة دقائق حتى شكلت نويات الهيدروجين والهليوم الوليدة خزانا ضخما لامداد الكون .

وبعد مضي زمن يقدر بنحو سبعمائة ألف سنة كان الكون قد تمدد وانخفضت حرارته بدرجة تتيح للالكترونات وهي تحمل شحنة كهربية سالبة اتخاذ مواقع قريبة من البروتونات وهي التي تحمل شحنة موجبة وبذلك تكونت نويات أكثر تعقيدا تعزى قوة تجاذبها الى المجالات الكهرومغناطيسية .

وبذلك تكونت ذرات الهيدروجين والهليوم . ومن طبيعة الهليوم أن ذراته تبقى منفردة مهما اختلفت الظروف . لكن لو أن ذرتي هيدروجين اصطدمتا في ظل درجة حرارة ملائمة فانهما تبقيان معا وتكونان تالفا يحتوي على ذرتين ويسمى « جزئ الهيدروجين » .

ومع استمرار تمدد الكون وانخفاض حرارته انتشر معه الهيدروجين

والهليوم في جميع الاتجاهات • ولعلنا نتصور أن الكون في ذلك الحين كان على هيئة سحابة قوامها خليط متجانس من تلك الغازات يترقب تدريجيا للخارج نتيجة التمدد المتواصل •

غير انه لسبب أو لآخر فقد السحاب صفة الكثافة المنتظمة ولم يعد متجانسا • ولعل ذلك يرجع الى تقلبات عشوائية تبعثها دوامات جرفت الذرات بحيث تكونت مناطق تدور ببطء وتنسم بكثافة أعلى من المعدل العادي تفصلها مناطق أخرى ذات كثافة أقل •

ولو استمرت الذرات تتحرك بشكل عشوائي لعادت الأمور الى ماكانت عليه • فالمناطق ذات الكثافة العالية ستفقد ذرات لتنتقل الى مناطق الكثافة الضعيفة فيؤول الحال الى عودة التجانس • غير أن الحركة العشوائية مع الدوامات من شأنها أن تؤدي الى تكون مناطق عالية الكثافة ، لكنها تنسم بالتغيير المستمر في مواقعها (على غرار مناطق الضغط العالي والضغط المنخفض في الغلاف الجوي المحيط بالأرض) •

وما أن تتكون منطقة كثافة عالية فانها تكتسب من الخصائص ما يحفظ لها البقاء • فكلما زادت الكثافة في منطقة ما اشتد مجال جاذبيتها • وكلما اشتد الجاذبية تصيدت الذرات المتحركة عشوائيا ومنعتها من الإفلات • بل قد يكون للمناطق ذات الكثافة العالية قوة جاذبية تمكن من اقتناص ذرات من مناطق الكثافة الضعيفة فيزداد الفارق بين درجتي الكثافة •

ويمكن القول باختصار ان الخليط المنتظم من الهيدروجين والهليوم يتحول مع الوقت الى سحب ضخمة من الغاز تفصلها فراغات تكاد تكون من عدم •

وتقدر كتلة تلك السحب الضخمة من الغازات وحجمها بقيم تعادل ما ينسب للمجرات بل وما ينسب لمجموعات المجرات • وقد أطلق على هذه السحب اسم المجرات البدائية • وقد شهدت تلك المجرات البدائية مزيدا من التفاعلات غير المنتظمة الناجمة عن الحركة العشوائية للذرات • وتتكون تلك المجرات البدائية من البلايين من سحب الغاز المحدودة التي تفصل بينها فراغات شبه خالية من أي عناصر • وبينما تتحرك المجرات البدائية وتدور حول بعضها تكرر نفس التفاعلات على مستوى أقل بين السحب الأصغر داخل نطاق المجرات البدائية (غير أن اتجاهات الدوران تختلف وتتضاد بحيث تتلاشى في النهاية بالتضاد ، بمعنى آخر ليس هناك حركة دورانية للكون ككل) •

وكل سحبية غاز لها مجال جاذبية خاص بها • وكلما زادت كثافة سحبية الغاز اشتدت قوة جاذبيتها ، حتى تصل الى حد يعرض السحبية نفسها لقوة جذب ذاتية بحيث تبدأ في الانكماش •

وما أن تبدأ السحبية في التقلص حتى تزداد كثافتها وبالتالي تشتد قوة جاذبيتها فتتسبب آلية التقلص أكثر فأكثر • بمعنى آخر ، فلو بدأت سحبية الغاز في التقلص فلا مفر من الاستمرار في الانكماش وبمعدل متزايد •

ومع تقلص السحبية تتزايد الضغوط وترتفع درجات الحرارة في جوها • ومع مرور الزمن تصل الضغوط والحرارة الى درجة تتيج بدء التفاعلات الاندماجية النووية • وتتصاعد حرارة السحبية بسرعة الى أن تكتسب درجة من السخونة تجعلها تشع ضوءا • عند ذلك الحد ينتهي أمر سحبية الغاز وتحول المسألة الى مولد نجم جديد •

ومع تزايد أعداد النجوم بدأ تكون المجرات البدائية • وعندما بلغ عمر الكون بليون سنة صارت المجرات البدائية المقصورة على سحب الغاز مجرات من النجوم المتلاثلة ، وكانت مجرتنا واحدة منها •

وعندما تكونت المجرات كانت بنيتها مقصورة على الهيدروجين (بالدرجة الأولى) والهيليوم ، والنجوم كذلك ومن هنا سميت « بالجيل الأول من النجوم » •

ولو تصورنا أن كل سحب الغاز تكثفت وتحولت الى نجوم من الجيل الأول لانتجت تلك الآلية الى الأبد • ويتسم الجيل الأول من النجوم بالحجم المحدود وبالهدوء • وذلك من شأنه أن يطيل بقاء مثل تلك النجوم في مرحلة الطور الرئيسي لمدة ١٤ بليون سنة ، ومن ثم فهي مازالت موجودة الى يومنا هذا • أضف الى ذلك انها عندما تتعرض للانقباض في أعقاب مرحلة الطور الرئيسي ، فإن الحدث يهضي في هدوء نسبي وينتهي بها المآل الى متقزمت بيضاء •

وثمة مجرات يبدو من محتواها المحدود من سحب الغاز والغبار انها تتكون كلها تقريبا من نجوم من الجيل الأول • ويمكن تبرير ذلك بأن مثل تلك المجرات كانت تتسم خلال نشأتها الأولى بتوزيع منتظم وحجم موحد نسبيا لمحتواها من سحب الغاز •

الجيل الثاني من النجوم

غير أن سحب الغاز في مجرات أخرى ، بما فيها مجرتنا ، لم تكن متساوية الحجم لسبب أو لآخر . وكلما زاد حجم السحابة كانت جاذبيتها أقوى وتكثفت بمعدل أسرع من غيرها . وتحول السحب الضخمة فيما بعد الى نجوم ثقيلة وهي نجوم تتسم بقصر العمر وتعرض في نهاية مرحلة الطور الرئيسى لانفجارات سوبر نوفي .

وقياسا بزمان الكون فإن الانفجار السوبر نوفي يبدو حدثا لحظيا . ولعل النجوم التي تعرضت لانفجارات سوبر نوفي فيما مضى قد لفظت بعضا من مادتها في الفضاء بينما لم يكن الكثير من سحب الغاز المتبقية قد تكثفت بقدر يتيح تحولها الى نجوم .

ومع اختلاط سحب الغاز بحجم الانفجارات ترتفع درجة حرارتها . وكلما زادت درجة الحرارة في السحابة نشطت الحركة العشوائية للذرات فيها وبالتالي تندفع تلك الذرات الى الخارج وتسعى الى الفكك . ولو أن سحابة انخفضت حرارتها بدرجة ملائمة ، وبدأت عملية التكثف تحت تأثير قوة جاذبيتها ، تعرضت للتسخين بهذه الطريقة فسوف تتمدد ، وبالتالي ستضعف قوة جاذبيتها وتتأخر عملية التكثف لزمان طويل ، بل قد يطول الى مالا نهاية .

يتبين من ذلك أن تلك الانفجارات السوبر نوفي المبكرة كان لها تأثيران . التأثير الأول هو الابقاء على سحب الغاز ومنع تكثفها فصارت العديد من المجرات - وحتى يومنا هذا - غنية بمثل تلك السحب . أما التأثير الثانى فيتمثل فى تغذية تلك السحب بنويات أثقل من الهليوم . وقد تتحد تلك النويات الثقيلة مع الهيدروجين أو مع غيره من الجسيمات فيتكون الغبار وتصبح السحب مكونة من الغاز والغبار .

وبالتالى ، فبينما لا تشكل سحب الغاز فى بعض المجرات أكثر من ٢٪ من كتلتها الاجمالية ، فهي تمثل فى مجرات أخرى - تلك التى تعرضت لتأثير انفجارات سوبر نوفي - ما يربو على ٢٥٪ من كتلتها الاجمالية . وتحتوى فى هذه الحالة على غبار علاوة على الغاز .

ولا تتسم سحب الغاز والغبار ، فى المجرات الغنية بهذا الوسط ، بتوزيع منتظم . وعادة ما تكون مثل تلك المجرات مجرات حلزونية ، وتتركز السحب بشدة فى أذرعها الحلزونية . وتنتسب مجرتنا لتلك الفئة من المجرات ، وتقع شمسنا فى أحد أذرعها الحلزونية . وتفيد بعض

التقديرات بأن سحب الغاز والغبار تمثل نحو نصف كتلة تلك الأذرع الحلزونية .

وينتشر الغبار فى المجرة التى نعيش فيها ويتركز فى أطرافها بدرجة تنوق رؤيتنا لبنيتها . فلا مجال لأن نرى ، فى المستوى الذى تتركز فيه السحب ، الا النجوم القريبة ، اما ما هو أبعد من ذلك فتجبّه السحب . فليس فى مقدورنا أن نرى الضوء العادى المنبعث من مركز مجرتنا ، فبا بالنّا باى جزء يقع الى أبعد من ذلك فى المجرة .

ولولا أننا تعلمنا استخدام الموجات اللاسلكية ، التى تخترق ذلك الوسط بسهولة ، ولولا أن مركز مجرتنا يعتبر من المناطق النشطة التى تنبعث منها كميات وفيرة من هذه الموجات لما عرفنا شيئا عن خصائص تلك المنطقة .

لقد تعرضت السحب السائدة حاليا فى مجرتنا لتأثير ملايين من الانفجارات السوبر نوبا على مدى ١٤ بليون سنة ومن ثم صارت خليطا غنيا بشكل ملموس . والذرات الثقيلة ، التى تفوق الهليوم فى كتلتها ، والتى انتقلت الى الفضاء ضمن الحطام الذرى الثقيل الذى أطاحت به الانفجارات السوبر نوبا الرهيبة ، تشكل ١٪ من عدد ما تحويه السحب الضخمة من ذرات بينما تشكل زهاء ٣٪ من كتلتها .

ومن حين لآخر تتعرض واحدة من تلك السحب المخصبة ذريا - سواء فى مجرتنا أو فى مجرات أخرى - للانقباض وتكون نجما أو عددا من النجوم بل قد تكون مجموعة كاملة من النجوم . والنجوم التى تتكون من سحب تحتوى على كمية ملموسة من الذرات الثقيلة ، يطلق عليها « الجيل الثانى من النجوم » ، فهى تتسم بأن بنيتها تتكون - بدرجة محدودة ولكن قابلة للقياس - من مادة نشأت فى جوف نجوم قديمة صارت فى حكم العدم أو على الأقل انتقلت من مرحلة الطور الرئيسى .

والشمس تنتمى لهذا الجيل الثانى من النجوم فهى لم تتكون الا منذ ٤٦٦ بليون سنة حيث لم يكن عمر المجرة يتجاوز نحو عشرة بلايين سنة . لقد تكونت من سحابة تتميز باحتوائها نفايات مما وقع من انفجارات سوبر نوبا على مدى هذه البلايين من السنين . ومن ثم احتوت الشمس لدى نشأتها كمية وفيرة من الذرات الثقيلة رغم أن الغالبية العظمى من بنيتها كانت مقصورة على الهيدروجين والهليوم .

وبما أن نجما مثل الشمس قد تكون بعد مضي عشرة بلايين سنة منذ الانفجار العظيم ، فلا بد أن نجوما أخرى قد تكونت منذ ذلك الحين .

(ليس هناك ادنى شك فى ذلك ، فثمة نجوم فى مرحلة الطور الرئيسى وتبلغ من الثقل ما يجعل كل عمرها فى تلك المرحلة لا يتجاوز بضعة ملايين من السنين ، وذلك يعنى انها لم تتكون الا منذ بضعة ملايين من السنين) .
ومن المؤكد فى الواقع ، أن هناك حاليا نجوما تحت التكوين فى مجرات مختلفة بما فيها مجرتنا ، وقد تكون قريبة منا ، وليس من المستبعد أن يجرى يوم يحمل برهانا على مولد نجم جديد .

ولكن ماذا عن سديم الجوزاء ؟ ان تلك السحابة من الغاز والغبار تعادل كتلتها الاجمالية ثلاثمائة مثل كتلة الشمس وتحتوى بالتاكيد على نجوم والا ما كانت تبدو على نحو ما هى عليه من يريق . غير أن الغبار والغاز المحيطين بالنجوم يحجبانها تماما ، مثل زجاج مصباح يكسوه الضباب ، فهو يضوى نتيجة توهج السلك الكهربائى ولكنه يحجب ما بداخل المصباح فلا نرى تفاصيله . وتفيد الدلالات بأن النجوم فى سديم الجوزاء بالغة الثقل ، ومن ثم فلا بد وأن تكون حديثة التكون . ومن المؤكد انها تكونت من احدى السحب ومن المؤكد أيضا أن ثمة نجوما أخرى تحت التكوين

وبما أن عملية تكون النجوم مستمرة فذلك يعنى أن بعض السحب تتكثف وتقبض وتزداد كثافة ومن ثم تفقد تدريجيا صفة الشفافية . أما الضوء المنبعث من النجوم الداخلية فى السديم الذى يخترق السحاب فيضفى عليه البريق ، فهو يصطدم بتلك المناطق الكثيفة ولا يخترقها . وبالتالي يظهر ذلك فى صورة بقع صغيرة سوداء شبه مستديرة .

وقد أشار عالم الفلك الأمريكى الهولندى الاصل بارت جان بوك (١٩٠٦ - ١٩٨٣) فى عام ١٩٤٧ الى وجود مثل تلك البقع السوداء المستديرة فى سديم الجوزاء ، ومن ثم سميت « كريات بوك » . ومن الجائز أن تمثل تلك البقع نجوما فى سبيلها الى التكون .

ولعلنا نتساءل ما الذى يستجد ويجعل السحب تتكثف الى نجوم فى حين انها ظلت على هيئتها لبلايين السنين دون أن تتعرض لتلك العملية . قد يرجع ذلك الى أن الحركة العشوائية للذرات والغبار فى تلك السحب ربما هيات مجالا لزيادة الكثافة فتزداد بالتالى الجاذبية ومن ثم تبدأ عملية التحول . غير أن ذلك التبرير بعيد الاحتمال ، ولو كان سليما لتوقعنا أن يحدث ذلك منذ بلايين السنين .

بل ان الحركة العشوائية قد تعمل فى الواقع على تشتيت سحابة ما بحيث تذوب مادتها فى المناطق شبه الفراغية من الوسط الفضائى . فرغم كل شيء ثمة خلفية رقيقة للغاية من الغاز والغبار الدقيق تسود كل

الجزء فيما بين شتى الاجرام السماوية . ولعل تلك الخلفية تتكون ، في جانب منها ، من المادة التي أفلتت من كل عمليات التكثف ، سواء على هيئة نجوم أو حتى سحب ، علاوة على ما يضاف اليها من المادة التي نزحت خارج السحب .

وكان عالم الفلك الالماني جوهانز فرانز هارتمان (١٨٦٥ - ١٩٣٦) هو أول من أثبت في عام ١٩٠٤ وجود مثل تلك الخلفية . فبينما كان يدرس التحليل الطيفي لأحد النجوم وجد خطوط الطيف تتزحزح ، وجاء ذلك وفقا لتوقعاته فقد كان النجم يبتعد عن الأرض . غير أن هارتمان لاحظ أن بعض الخطوط ، وهى الخطوط التى تمثّل عنصر الكالسيوم ، لا تتزحزح . واستنتج من ذلك أن الكالسيوم لا يتحرك ومن ثم فهو لا ينتمي لذلك النجم .

وبما انه لم يكن ثمة ما يفصل بين النجم والأرض سوى الفضاء « الفراغى » فلا بد أن الكالسيوم موجود فى هذا الفراغ الذى لم يعد بناء على ذلك فراغا تاما . غير أن كثافته لابد أن تكون متناهية الضآلة . وخلال رحلة الضوء المنبعث من النجم الى الأرض ، عبر مسافات تصل الى بضعة سنين ضوئية ، لابد أنه صادف مرارا ذرات كالسيوم وفى كل مرة يمتص فوتونا من الضوء . ومع تكرار الصدفة فى رحلة الضوء تبلغ الفوتونات الممتصة قدرا يتجسد فى خط أسود واضح .

وفى عام ١٩٣٠ أثبت عالم الفلك الأمريكى السويسرى الأصل روبرت جوليوس ترامبلر (١٨٦٦ - ١٩٥٦) أن هناك قدرا من الغبار فى الفراغ الفضائى بما يكفى لأن يضعف بشكل ملموس ضوء الاجرام البعيدة ، مع الأخذ فى الحسبان بأن ذلك الغبار قد يكون متناهى الدقة .

ونستنتج من ذلك أن سحب الغاز التى لا تزال موجودة ومحتفظة « بهويتها » بعد بلايين السنين (مثل السحابة التى تكونت منها الشمس وغيرها من السحب الموجودة حتى يومنا هذا) تتسم بحالة اتزان هشة ، فلا هى على قدر من الكثافة ، أو بدرجة حرارة منخفضة بشكل يتيح بداية عملية التكثف ، ولا هى من الندرة أو على درجة من السخونة تكفى لأن تسرب الى الفراغ الفضائى .

وكى يتكون نجم من سحابة غاز من هذا القبيل فلا بد من وقوع ما يفضى الى خلخلة ذلك الاتزان حتى ولو كان حدثا هينا أو عارضا . فما عساه أن يكون ذلك الحدث ؟

لقد طرح علماء الفلك عدة احتمالات • ففي سديم الجوزاء على سبيل المثال قيل ان النجوم الفتية الضخمة الساخنة الموجودة حاليا لابد أنها تشكل مصدرا لرياح نجمية قوية ، تعتبر رياح شمسنا نسيما بالمقارنة بها • وبانطلاق تلك الرياح من النجوم الى الوسط السديى فانها تدفع أمامها سحب الغبار والغاز وتعرضها للانضغاط فتزداد الكثافة على نحو ما يتم بالآليات أخرى • ويؤدى ذلك بدوره الى زيادة قوة الجاذبية فى ذلك الجزء من السحابة فتبدأ عملية التكثف مما يسفر عن مزيد من الانضغاط ، فمزيد من قوة الجاذبية وهلم جرا الى أن تتكون « كرية بوك » تمهيدا لتكون نجم جديد •

ولكن كيف تكونت أصلا تلك النجوم الفتية الساخنة ؟ وعلى وجه الخصوص كيف تكون أول نجم فى سديم الجوزاء قبل أن تكون هناك رياح نجمية عاتية فى السديم تفجر عملية الانضغاط ؟

هناك عدة احتمالات :

فمسحب الغاز والغبار السائدة فى الفضاء فى حركة مستمرة - مثل النجوم - وتدور بجلال حول المناطق المركزية التى يتركز فيها معظم كتلة المجرة • وقد يتصادف أن تمر إحدى تلك السحب بجوار نجم ثقيل ساخن يرسل رياحا نجمية تولد موجة ضغط وتنتهى الفرصة لتكون نجم •

أو قد تلتقى سحابتان وتتدافعا يرفق بما يولد قدرا ضئيلا من الانضغاط ، أو ببساطة قد تتداخلان مع بعضهما مكونتين منطقة ذات كثافة أعلى من كثافة كل منهما على حدة ، فترتفع قوة جاذبية منطقة التداخل وتبدأ عملية التكثف •

بل قد يحدث أن تمر سحابة بمنطقة فى الفضاء بعيدة عن النجوم المحيطة بها فتتخفف درجة حرارتها قليلا ، مما يسفر عن تباطؤ حركة الذرات والجسيمات فى السحابة فتتقارب من بعضها وتصبح السحابة أكثر كثافة وتبدأ السلسلة •

غير أن كل تلك الاحتمالات تعتبر بواعث واهية لا تتفق بأى حال مع معدل تكون النجوم • الا يمكن أن تكون هناك بواعث أقوى ؟

نعم ! فلو وقع انفجار سوبر نوبا على الحدود القريبة نسبيا من واحدة من سحب الوسط الفضائى فان موجة المواد المندفعة نتيجة الانفجار سترتطم بالسحابة كموجة تصادمية • ومن شأن ذلك الانفجار أن يأتى بتأثير أقوى كثيرا من أى عارض يقع على مقربة من نجم عادى ، أو نتيجة

تداخل سحبتين • ومن ثم تتعرض السحابة لضغوط أعنف وتنتهي فرصة أكبر لبدء عملية تكون نجم جديد •

وان كنا قد ذكرنا في فقرة سابقة من هذا الباب أنه لو وقع انفجار سوبر نوفا فقد يكون من تأثيره رفع درجة حرارة سحب الوسط الفضائي المحيطة به بما يحول دون تكثفها ، فان ذلك يتوقف بدرجة أكبر على مدى قرب المسافة بين مركز الانفجار والسحابة ، وعلى مدى كثافة السحابة وقت وقوع الانفجار ٠٠٠ الخ • المسألة اذن مرهونة بالملابسات ، فأحيانا يكون التأثير الحرارى للانفجار السوبر نوفا هو الغالب وأحيانا أخرى التأثير الضغطي • والاحتمال الثاني هو الذى يقضى الى تكون النجم الجديد •

ومن هنا نتساءل ، هل حدث (وهو مجرد فرض ، لا يقوم على أى دليل دامع) ان انفجارا سوبر نوفا قد وقع منذ ٤٦٤ مليون سنة على بعد لا يتجاوز بضعة سنين ضوئية من سحابة ظلت حتى ذلك الحين مستقرة فى حالة اتزان لمدة عشرة بلايين سنة ؟ وهل نتج عن ذلك الانفجار قدر كاف من الضغط لتبدأ عملية ألت فى نهايتها الى تكون الشمس ؟

لو أن ذلك صحيح ، يصبح للانفجارات السوبر نوفا ثلاث خصائص مفيدة تجعلنا ندين لها بالامتنان :

الفائدة الأولى هي أن تلك الانفجارات زودت الفضاء على مدى الدهر بالعناصر الثقيلة التى ما كان لها أن تبعث الى الوجود بوسيلة أخرى ، وهى عناصر أساسية لماننا وللبشر وبدونها ما كانت تقوم لحياتنا قائمة (وربما لأى حياة أخرى قد تكون قائمة فى أى مكان آخر من الكون) •

وتتمثل الفائدة الثانية فى أن الطاقة الناجمة عن الانفجارات السوبر نوفا قد حالت دون أن تتعرض أعداد هائلة من السحب الفضائية (بما فى ذلك السحابة التى تكونت منها الشمس) لعملية تكثف مبكر قبل أن تتشرب بالقدر الكافى من العناصر الثقيلة •

أما الفائدة الثالثة فهى نابعة من أن أحد الانفجارات السوبر نوفا كان السبب فى تكون الشمس ، حيث وقع على مقربة نسبية من احدى السحب الفضائية التى اكتسبت قدرا كافيا من العناصر الثقيلة ، فبعثها على التكتف ليتكون ذلك النجم •

تكون الكواكب

لقد رأينا كيف يمكن أن يتكون نجم (أو اثنان ، أو حتى مجموعة من النجوم) نتيجة مجرد تعرض سحابة فضائية ، منتشرة أصلا بين النجوم ،

للاضغاط • ولكن كيف يمكن أن ينتهى الأمر بنجم مثل الشمس بأن يكون محاطا بكواكب - وهى اجرام ذات حجم اقل كثيرا من أن يتيح تحولها الى نجوم ؟

لقد طرحنا فئتان من النظريات لتفسير ذلك الأمر : الفئة الأولى تعزوه الى حادث عارض ، أما الفئة الثانية فتقول انه نتيجة تطور طبيعي •

تقول نظريات الحوادث العارض ان النجوم تتكون فى بدايتها على نحو ما هى عليه من هيئة - سواء مفردة أو ثنائية - دون أن تكون لها عائلة من الكواكب • وقد يمكث النجم (وهذا ما يحدث فى أغلب الأحيان) كل عمره فى مرحلة الطور الرئيسى ، ثم يتمرد ويتحول الى عملاق أحمر وأخيرا ، ينقبض ، ويمضى طوال تلك المراحل بدون كواكب •

غير أن النجم يتعرض خلال وجوده لحادث عارض عنيف • فقد يقترب منه أو يمر بجواره نجم آخر • ويكون من نتيجة قوة الجاذبية الهائلة المتبادلة بين النجمين أن تتطاير كتل من كليهما وتتطور الى أن تكون عائلة من الكواكب وربما عائلتين ، واحدة لكل نجم • أو قد يتعرض أحد طرفى نجم ثنائى لانفجار سوبر نوبا من النوع الذى لا يبقى بعده سوى فتات يجذبها الطرف الثانى فتصبح كواكب فى فلكه • وفى كلتا الحالتين (أو فى حالة وقوع أى حادث عارض آخر قد يخطر على البال) فان الكواكب تعتبر أحدث ، بل أحدث كثيرا من النجوم التى تدور فى فلكها •

غير أن مثل تلك الحوادث العارضة نادرا ما تحدث ، ولو أن النظريات القائمة عليها صحيحة لكانت الكواكب ظاهرة غير شائعة ، ولكانت مجموعتنا الشمسية واحدة من عدد محدود للغاية من مثل تلك النظم فى المجرة •

أما النظريات القائمة على التطور فلا تفرق بين طريقة تكون النجوم والكواكب ، ومن ثم فهى ترى أن الكواكب من نفس عمر النجوم التى تدور حولها • وعلى ذلك فان كل الاجرام فى مجموعتنا الشمسية بدءا بالشمس ذاتها الى أبعد مذنب لها نفس العمر • وعلاوة على ذلك يستنتج من تلك النظريات أن معظم النجوم - ان لم يكن كلها - لها مجموعة من الكواكب تدور فى فلكها •

فأى الفئتين صائب ؟

من العسير الرد على ذلك السؤال • ان الشواهد الحالية لا تمكن من ترجيح رأى على آخر • فمازالت الدراسات التى أجريت حتى الآن عن تكون النجوم غير كافية لأن تحسم تلك المسألة المتعلقة بنشأة الكواكب • بل انه ليس فى وسعنا تحديد ما اذا كانت المجموعات الشمسية شائعة جدا

• فترجع نظريات التطور (أم نادرة جدا) فترجع نظريات الحوادث
المراض) • ان السبيل الوحيد المتاح لترجيح فكرة أو أخرى مازال مقصورا
على التقديرات النظرية •

ولقد كانت كلتا الفئتين من النظريات تشوبهما قبل الاربعينيات من
القرن الحال نقاط ضعف جوهريه حتى ان علماء الفلك المتعمقين كانوا
يرفضونها معا • بل لقد بلغ من ضعف النظريات كلها فى ذلك الحين
ان بدا أن الاستنتاج الوحيد المعقول بشأن المجموعة الشمسية هو انه
لا وجود لها •

غير أن صيفا جديدة للنظريات القائمة على نشأة الكواكب بالتطور
أخرجت فى الاربعينات وعالجت فيما يبدو أسوأ ما فى جوانب القصور وتم
التوصل الى فكرة مقبولة عن كيفية تكون المجموعة الشمسية • ولتركز اذن
على نظرية التطور ، التى طرح كانت ولا بلاس أول صيغة لها خلال
النصف الثانى من القرن الثامن عشر ، فى صورة نظرية السديم •

كانت نظرية السديم تتضمن خاصية تعرف باسم « كمية التحرك
الزاوى » • وقد عرفت تلك الخاصية فى بداية الأمر لمعالجة حركة الدوران
البطيئة للسحابة الفضائية التى تكثفت وتكونت منها الشمس • وترتهن
كمية التحرك الزاوى فى جانب منها بسرعة الدوران ، وفى جانب آخر
بمتوسط بعد كل أجزاء الجسم عن محور الدوران • وثمة نظرية راسخة
فى الفيزياء تقول بأن اجمالى كمية التحرك الزاوى فى نظام مغلق (أى
لا يتعرض لآى تأثير خارجى) ثابت • وتطبيقا لتلك النظرية فان تكثف
السحابة الفضائية من شأنه أن يسفر عن تناقص تدريجى فى متوسط
أجزائها عن محور الدوران • ولعادلة ذلك التناقص فلا بد أن تزيد سرعة
الدوران كي تظل كمية التحرك الزاوى ثابتة •

ومع زيادة سرعة الدوران ، تتسبب قوة الطرد المركزية فى انبعاج
خط استواء السحابة للخارج ، وبدلا من الشكل شبه الكروى الذى بدأت
به تكثف شكلا انبعاجيا متناميا • ومع مرور الوقت يزداد الانبعاج لدرجة
تتيح انسلاخ كتلة من السحابة على هيئة حلقة وانفصالها عن خط
الاستواء • وما تلبث تلك الكتلة أن تكثف وتتحول الى كوكب • أما
السحابة المتبقية فقد أصبحت أقل حجما وبالتالى صارت تدور بسرعة أكبر
ويستمر الانبعاج الى أن تنفصل حلقة ثانية • وتكرر تلك العملية مرارا
الى أن تتكون كل الكواكب • وتعرض الكتل الحلقية المنفصلة عن السحابة
هى أيضا لنفس الآلية خلال تكثفها ، فهى تدور بسرعة متزايدة وتنفصل
عنها كتل حلقية أقل حجما تؤول الى أقمار •

وقد بدت نظرية السديم معقولة ، ومن ثم شاعت خلال معظم القرن التاسع عشر، وان ظل من المستعصى على الفهم أن تتكشف حلقة الماء المنفصلة لتؤول الى كوكب بدلا من أن تكون حزاما من الكويكبات السيار أو تتلاشى في الفضاء . بل ان الأكثر غموضا أن ٩٨ في المائة من ك الحركة الزاوى تتركز في مختلف كواكب المجموعة الشمسية ولا يبق للشمس ذاتها سوى ٢ في المائة . ولم يجد علماء الفلك أى تفسير لما بدام تركز كمية التحرك الزاوى كلها في الحلقات الصغيرة من المادة المنسلخ خلال عملية تكثف السحب . وقد تسببت نقطة الضعف هذه فى اقضا نظرية السديم جزئيا ومن ثم ازداد شيوع نظرية الحادث العارض (به يشوبها من مشكلات مبهمة) لمدة خمسين سنة .

غير أن عالم الفلك الألماني كارل فريدريك فون فايتسسر (١٩١٢ -) أدخل فى عام ١٩٤٤ تعديلا على نظرية السديم : فقد تصور أن السحابة - بدلا من أن تدور بانتظام كجسم واحد - تدور على هيئة سلسلة من الدوامات . ومع تكثف السحابة وازدياد انبعاجها تتضخم أقطار الحلقات الدوامية وتبدو أكثر تباعدا من المركز . وإنما احتكت الحلقات الدوامية ببعضها ترتطم جسيمات المادة فى كل منها وتؤول الى التلاحم . وتتضخم الجسيمات فى أماكن التلاحم وتكون الكواكب بحيث يكون بعد كل كوكب عن الشمس ضعف بعد نظيره التالى الأقرب الى الشمس .

واستنادا الى نظرية فايتسسر بات أسلوب تكون الكواكب يسيرا على الفهم بعد أن بددت الغموض الذى كان يكتنف عملية تلاحم حلقات الغاز وتحولها الى كواكب . ولكن بقى سؤال محير يتعلق بهذا التوزيع الغريب لكمية التحرك الزاوى فى المجموعة الشمسية . ولكن سرعان ما تم بلورة نظرية فايتسسر بالرجوع الى المجال الكهرومغناطيسى للشمس وما يتعرض له هذا المجال من تغيرات نتيجة عملية التكثف . وبذلك أمكن فهم سر تحول كمية التحرك الزاوى من الشمس المركزية الضخمة الى الكواكب الصغيرة الواقعة على حدود المجموعة الشمسية ، ومن ثم صار علماء الفلك على يقين من أن لديهم مجموعة من التفاصيل الأساسية عن أسلوب تكون مجموعات الكواكب .

والسؤال المطروح الآن هو : لماذا تتباين الكواكب فيما بينها من حيث الحجم والخصائص الأخرى ؟

لو اعتبرنا أن الشمس من نجوم الجيل الأول وتتكون كلية من الهيدروجين والهيليوم ، فلا بد أن تكون الكواكب على غرارها . فمادام

السحاب مكون برمته من الهيدروجين والهليوم فذلك يعنى أن الكواكب لها نفس مركبات الشمس .

ومن طبيعة الهليوم والهيدروجين (الأول على هيئة ذرات منفردة والثانى على هيئة جزيئات ثنائية الذرات) أنهما لا يتحدان ويبقيان على هيئتهما الغازية حتى درجات حرارة منخفضة للغاية . والشئ الوحيد الذى يقيهما معا هو قوة الجاذبية .

ولو تأملنا عملية تكثف سحابة مكونة من الهيدروجين والهليوم لوجدنا « صراعا » غنيا متواصلا بين شتى قوى الجاذبية فمنها ما يعمل على الإبقاء على تماسك الكتلة بينما تعمل الحركة العشوائية للذرات المفردة والجزيئات على تفتيت الكتلة وتناثرها . ولكن كلما ازدادت كتلة المادة المتكثفة وكما تقدمت عملية التكثف اشتدت قوة الجاذبية وازداد الجسم تماسكا . ومن ناحية أخرى ، كلما انخفضت درجة حرارة الكتلة إبطأت الحركة العشوائية للذرات والجزيئات ومن ثم قل النزوع الى التناثر بما يعمل أيضا على زيادة تماسك الجسم .

ولم تكن ثمة مشاكل بشأن تماسك الشمس لدى تكونها ، فهي تحتوى على ما يربو على ٩٩ فى المائة من كتلة المجموعة الشمسية . ورغم كونها على هيئة كرة من الغاز من اليسير تشتتها لو توافرت ظروف مواتية ، وحتى بعد أن تعرضت للاشتعال النووى وصارت على درجة كبيرة من السخونة بما له من أثر بالغ على اشتداد الاتجاه الى التشتت ، فقد كانت قوة الجاذبية بالغة الشدة بحيث لم تصادف مشاكل فى الحفاظ على تماسكها .

أما الكواكب - وهى المكونة من كتل من الهيدروجين/هليوم تقل بدرجة شاسعة عن كتلة الشمس - فلا بد أنها صادفت قدرا أكبر من المشاكل لدى تكونها .

ولعلنا ندرك أن الكواكب لدى تكونها كانت على مسافات متباعدة من الشمس المتنامية فمنها ما كان قريبا للغاية ومنها ما كان على مسافة كبيرة . وقد اتسمت عملية نمو تلك الكواكب كلها بالبطء ، ويعزى ذلك الى أن مجالات الجاذبية فيها كانت تكفى بالكاد للتغلب على الاتجاه الى التشتت . ولكن ما أن تبدأ عملية نمو الواحد من تلك الكواكب حتى تتزايد قوة الجاذبية وتشتد بالتالى القدرة على مقاومة الاتجاه الى التشتت ومن ثم يتعظم معدل نمو ذلك الكوكب (على غرار كرة الثلج) .

ولما كانت كتل الهيدروجين / هليوم التى تتكون منها الكواكب كبيرة نوعا ما ، فانه يتولد لدى تكثفها درجات حرارة متوسطة فى جوف تلك

الكواكب . ولكن ليس من شأن هذه الكواكب بطبيعة الحال أن تتعرض في جوفها لدرجات حرارة أو ضغوط تقارن بما تتعرض له الشمس ، وبالتالي لم يشهد أى كوكب عملية اشتعال نووى تتيح تحوله الى نجم صغير .

وفي نفس الوقت فإن حجم الكواكب كاف للحفاظ على تماسكها رغم ما تتعرض له في جوفها من درجات حرارة تصل على اشتداد قوى التشتت . ولحسن الحظ فإن قدرة المادة المكونة للكواكب على نقل الحرارة ضعيفة . وبالتالي يظل سطح الكواكب بارداً وهو أكثر الأماكن تعرضاً لتجسائر التبدد .

وربما كانت الكواكب على وشك اكتمال تكونها عندما بلغت الشمس المتكافئة مرحلة الاشتعال النووي والتوهج . ولو صح ذلك لتعرضت الكواكب لعاملين جديدين :

الأول هو أن الشمس ستصدر اشعاعات من شأنها تسخين سطح الكواكب الوليدة . أما الثانى فهو أن الشمس ستنفخ رياحا شمسية في كافة الاتجاهات .

ومن شأن تسخين سطح الكواكب أن ينشط الميل الى التبدد ، مما يسفر عن نصاعد سحب مكونة من بخار خليط الهيدروجين والهليوم من الكواكب . ثم تأتى الرياح الشمسية فتعصف بهذه الأبخرة بعيدا عن الكواكب .

وبدیهى أن هذين العاملين سيكونان أكثر فعالية بالقرب من الشمس ويقل تأثيرهما كلما ابتعد الكوكب عنها . وكلما ازداد قرب الكواكب الوليدة من الشمس اشتدت عملية تبخرها وازدادت قوة عصف الرياح الشمسية بأبخرتها مما يسفر عن تناقص كتلة تلك الكواكب ، ومن ثم تقل قوة جاذبيتها مما يجعل عمليتي التبخر والتبرد بفعل الرياح . خلاصة القول ان الكواكب القريبة من الشمس سينتهى بها المآل الى الفناء التام .

أما الكواكب الواقعة على مسافات بعيدة من الشمس ، فإن تأثير عاملى التسخين والعصف بالأبخرة يكون ضعيفا ، وبالتالي تزيد احتمالات بقائها ، لا سيما الكواكب الأكثر ثقلا . أما الاقمار التابعة لتلك الكواكب فربما لا تبقى بعد تكونها نظرا لضعف مجالات جاذبيتها .

نخلص من ذلك التحليل الى أن الشمس لو كانت من نجوم الجيل الأول لكان لها عدد محدود من الكواكب لا تنطبق أوصافها ، من حيث المسافة أو التركيب الكيميائى بصفة عامة ، الا على الكواكب الغازية العملاقة

المعروفة باسم المشتري وزحل وأورانوس ونبتون . وذلك يعنى انه لا مجال لوجود كواكب تصلح للحياة البشرية أو تحتوى على مواد يمكن أن تتكون منها خلايا حية . ومن ثم فإن أى مجموعة كواكب تدور فى فلك نجم من الجيل الأول لا يمكن أن تقوم عليها حياة بالمعنى الذى نعرفه .

تكوين الأرض

الشمس اذن نجم من الجيل الثانى ، ويرجع الفضل فى تكونه الى الانفجارات السوبر نوفا . وذلك يعنى أن السحب الفضائية التى تكونت منها المجموعة الشمسية تتألف من أربعة أنواع من المواد :

أولا : الهيدروجين والهيليوم اللذان يكونان ٩٧٪ من كتلة السحابة الأصلية حتى وان كانت من الجيل الثانى .

ثانيا : العناصر التى تربو قليلا فى كتلتها على الهيدروجين والهيليوم وعلى رأسها الكربون والنيتروجين والاكسجين . ويتحد كل من هذه العناصر الثلاثة مع الهيدروجين ليكون على التوالي الميثان والنشادر والمياه . ولو انخفضت درجة الحرارة فإن المياه تكون أول تلك المركبات الثلاثة فى التجمد وتحول الى ثلج . ومع مزيد من انخفاض درجة الحرارة يتجمد النشادر ثم الميثان ويتحولان الى مادتين تشبهان كثيرا الثلج من حيث الشكل . ولما كانت درجات الحرارة السائدة لدى بداية تشكل الكواكب منخفضة ، فمن المرجح أن تلك المركبات الثلاثة (علاوة على مركبات أخرى مشابهة ولكن موجودة بنسب أقل كثيرا) كانت فى حالة تجمد ومن ثم عرفت بصفة عامة بالثلوج .

ثالثا : العناصر الأثقل مثل الألمنيوم والمغنسيوم والسيليكون والحديد والنيكل . ويتحد كل من الألمنيوم والمغنسيوم والسيليكون (علاوة على عناصر أخرى أقل شيوعا) مع الأكسجين ليكون ما يعرف « بالسليكات » . والسليكات هى المادة التى تكونت منها الرقعة الصخرية على الأرض .

رابعا : ذرات الحديد والنيكل وهى ذرات لا يستبعد أن تشارك فى تكوين السليكات ، ولكنها غالبا ما تكون وفيرة بالقدر الذى يجعل هذين العنصرين يبقيان معا فى صورة نقية نسبيا ، مع نسب أقل من عناصر مشابهة . تلك العناصر تعرف بالمعادن .

وقد يبدو للوهلة الأولى أن النسبة الضئيلة من العناصر الثقيلة فى السحابة الأصلية ، التى يمثل الهيدروجين والهيليوم ٩٧٪ من كتلتها ،

تكفى بالكاد لتكوين كوكب مثل الأرض • وعلى ذلك تكون قد وصلنا بافتراض أن الشمس نجم من الجيل الثانى الى نفس النتيجة السابقة بافتراضها نجما من الجيل الأول • ولكن اجمالى كتلة المجموعة الشمسية يعادل ٣٤٣٦٠٠ مثل كتلة الأرض ولو أن ٣ فى المائة من هذا الاجمالى يتكون من عناصر ثقيلة فان مثل هذه النسبة تكفى لبناء ما يزيد على عشرة آلاف كوكب مثل الأرض •

وإذا كانت الشمس تستحوذ على أكثر من ٩٩ فى المائة من تلك العناصر الثقيلة ، فان مجموع كتلة الأجسام الكوكبية التى تدور فى فلك الشمس يعادل ٤٤٨ مثل كتلة الأرض • ولو أن هناك من العناصر الثقيلة ما يمثل ٣ فى المائة من تلك النسبة لكفت لتكوين ما يربو على ١٣ كوكبا فى مثل حجم الأرض •

وعلى ذلك يمكن القول بلا أى تحفظ ان من المقبول منطقيا أن يتكون كوكب مثل الأرض فى فلك نجم من الجيل الثانى مثل الشمس •

وعندما تتكون كواكب نجم من الجيل الثانى فان الصخور والمعادن تندمج أولا ، اذ تعمل القوى الكهرومغناطيسية بين شتى الالكترونات على الالتحام جزيئات السليكات مع ذرات المعادن بقوة ومن ثم لا يعتمد تماسكها على الجاذبية ، بل انها تبقى ملتصقة على هيئة كتل صغيرة فى ظل درجات حرارة مرتفعة قد تصل الى ألفين أو ثلاثة آلاف درجة مئوية •

كل كوكب اذن يحتوى فى جوفه على خليط من الصخور والمعادن • وفى البداية تكون الصخور والمعادن متمزجة ولكن مع تعاظم حجم الكواكب وارتفاع درجة الحرارة فى جوفه تسهل عملية انفصال العنصرين عن بعضهما لا سيما لو بلغت سخونة حدا يتيح انصهار المعادن • ومن المعروف أن درجة انصهار الصخور أعلى من درجة انصهار المعادن غير أن درجة الحرارة قد لا ترتفع الى درجة انصهار الصخور وبالتالي يقتصر الأمر على اكسابها درجة من اللبونة • ولما كانت المعادن أكثر كثافة من الصخور فانها تنزلق رويدا رويدا الى الداخل وتتجمع فى جوف الكواكب بينما تبقى المواد الصخرية لتشكل غلافا لتلك المعادن •

الأرض اذن — شأنها فى ذلك شأن كوكبى عطارد والزهرة — لها جوف معدنى تغلفه الصخور • اما المريخ والقمر فانهما ، لسبب غير معلوم حتى الآن ، يحتويان على قدر محدود نسبيا من المعادن • وتلك النسبة متمزجة مع السليكات • ومن ثم ما زال الطابع الصخرى هو السمة الأساسية فى تكوين هذين الكوكبين •

وما أن يتكون الجوف المشكل من الصخور والمعادن كنواة لكوكب
يهد حتى يعمل مجال جاذبية ذلك الجوف على تيسير عملية تجميع طبقة
الثلوج حوله ثم طبقة من الهيدروجين/هليوم حول الثلوج . يتضح
ذلك أن عملية تكون الكواكب تتم بشكل أسرع وفقا للافتراض القائم
بالنجوم من الجيل الثانى عن ذلك المبني على نجوم من الجيل الأول .

ولعلنا نتساءل ، وفقا لهذا الافتراض ، ما الذى يحدث عندما تشتعل
الشمس ؟ ان أسطح الكواكب القريبة من الشمس ترتفع حرارتها وتعرض
الرياح الشمسية . ومن ثم تتبخر كل طبقات الهيدروجين/هليوم
ومعظم طبقات الثلوج ان لم تكن كلها وتعصف بها الرياح الشمسية .
غير أن الطبقات الجوفية المكونة من الصخور والمعادن تحتفظ بتماسكها رغم
الحرارة والرياح .

وربما بلغت السخونة ، فى حالة كوكب عطارد ، وضالة الحجم ،
فى حالة القمر ، حدا أسفر عن كسح كل شئ موجود على سطحيهما .
وينسحب ذلك أيضا على الكويكبات السيارة التى ربما كانت أكبر حجما
وأقل عددا إبان اشتعال الشمس . أما كوكبا الزهرة والأرض فقد كانا
يتمتعان بقدر من الضخامة جعلهما - علاوة على المريخ بسبب بعده عن
الشمس - يحتفظان بقدر ضئيل من الثلوج وربما كانت تلك الثلوج على
درجة من الاتحاد مع السليكات فى بداية الأمر . وكل ذلك كان شأنه
الاحتفاظ بمواد تكون الآن الأغلفة الجوية . ولما كانت الأرض أكبر حجما
من المريخ وأقل فى درجة حرارتها عن الزهرة فقد احتفظت بقدر كاف من
المياه أتاح تكون المحيطات .

وفى ما يتعلق بالكواكب الواقعة أبعد من المريخ فلم تتعرض لتأثير
لمبوس من جراء الإشعاع الحرارى والرياح الشمسية واحتفظت بكل طبقات
الثلوج وأغلفة الخليط الغازى هيدروجين/هليوم التى جمعتها حولها .
ومن هذه الكواكب المشتري وزحل وأورانوس ونبتون . وبإستثناء احتواء
تلك الكواكب على كميات ضئيلة من العناصر الثقيلة فانها تتسم بنفس
التركيب والخصائص التى كانت ستتكتسبها لو أنها تكونت على مقربة من
نجم من الجيل الأول ودارت فى فلكه .

وعلى الحدود الخارجية للمجموعة الشمسية تتوفر الظروف الملائمة
- من درجة حرارة منخفضة وبعد عن الشمس - لتكون أجرام أقل حجما من
الكواكب سالفة الذكر . ومن هذه الاجرام ما يغلب عليه الطابع الصخرى
مثل القمر الكبير IO اقرب التوابع التى تدور فى فلك كوكب المشتري .

ومنها ما يغلب عليه الطابع الثلجي مثل *Ganymede* ،
وهما أيضا من الأقمار التابعة للمشتري وتيتان الذى يدور فى فلك زحل ،
وأجرام أخرى تقع على مسافات شاسعة مثل بلوتو والمذنبات • ومنه
أيضا ما يتسم بخليط من الصخور والثلوج مثل أوروبا رابع الأقمار التى
تدور فى فلك المشتري

وعلى أية حال فقد تكونت الأرض فى موقع وبتركيبة أتاحا نهضة
الظروف الملائمة لقيام الحياة عليها وما كان ذلك ليتم لولا وجود الانفجارات
السوبر نوفا •

الحياة والتطور

الحفريات

ان فضل الانفجارات السوبر نوبا ليس مقصورا على تكوين الأرض ، ومن ثم لا بد من الالمام بتأثير تلك الانفجارات على نشأة الحياة وتطورها .
ولذلك يجدر بنا أن ننقل بدراستنا من الفلك الى الجيولوجيا والبيولوجيا .
ولعلنا نستهل بحثنا بالرجوع الى ماضى كوكبنا .

لقد شهد القرنان الماضيان جهودا كثيرة من اجل تحديد عمر الأرض .
غير أن الفرصة لم تسنح للجيولوجيين لطرح تقديرات معقولة الا بعد
اكتشاف النشاط الاشعاعي في عام ١٨٩٦ .

في عام ١٩٠٧ طرح الكيميائي الأمريكي برترام بوردن بولتسوود
(١٨٧٠ - ١٩٢٧) فكرة مؤداها انه بما أن اليورانيوم يتحلل مع الزمن
ويتحول الى رصاص بمعدل بطيء للغاية ومنتظم ويمكن حسابه بسهولة ،
فبوسع الانسان لو حدد كمية اليورانيوم والرصاص في صخرة ما ، أن
يحسب عمر تلك الصخرة .

وبالطبع أخذ العلماء يطورون ويستحدثون طرق تحديد عمر الصخور
بقياس مدى تحلل اليورانيوم والتغيرات الناجمة عن أنشطة إشعاعية بطيئة
أخرى . واستنادا الى تلك القياسات انتهت الدراسات الى أن عمر المجموعة
الشمسية ، والأرض بصفة خاصة يبلغ ٦.٥ بليون سنة ، ان ذلك الرقم
يصور على الأقل كم مضى من الزمن منذ أن تكاثفت سحابة الغاز والغبار
الأصلية وتحولت الى أجسام صلبة ضخمة ما زالت موجودة حتى الآن .

ولما كانت الأرض قد تعرضت على مر الزمن لكافة أنواع التغيرات
الجيولوجية فمن المستبعد ، بل ربما استحالة العثور على صخور بقيت
على حالها منذ بداية تكون الكوكب . ومن المعروف أن أقدم ما عثر عليه

من صخور على الأرض حتى الآن يرجع الى ٣٤٤ بليون سنة وبالتالي ليس لدينا أى معلومات مباشرة عن البليون سنة الأولى من عمر الأرض .

اما القمر فقد اكتشفت فيه صخور يرجع تاريخها الى أكثر من ٤٤٤ بليون سنة ويعزى ذلك الى أن القمر أصغر حجما من الأرض وأقل نشاطا من وجهة النظر الجيولوجية . والواقع أن القمر رغم ذلك لم يسلم تماما ففى بدايات تكونه من عوامل الخلل . فقد تعرض كل من الأرض والقمر على مدى بضع مئات الملايين من السنين الأولى فى عمرهما ، ومع اكتمال عملية تكونهما ، لقصف عنيف بأجسام أقل حجما . وإذا كانت دلائل وعلامات ذلك القصف قد تبددت من على سطح الأرض بفعل الرياح والمياه والحياة بصفة عامة ، فمازال سطح القمر يحمل علامات مواقع الارتطام متمثلة فى عدد من فوهات البراكين .

ولعل الشهب - وهى الاجرام الصغيرة التى ظلت بمنأى عن أى تغيرات منذ تكونها - هى العنصر الكونى الذى أتاحت الدراسات التحليلية عليه الوصول الى أفضل تقدير لعمر المجموعة الشمسية البالغ ٤٤٦ بليون سنة .

والحياة ليست ظاهرة حديثة على الأرض ، بل انها قامت عليها على مدى جانب كبير من تاريخها الطويل ، ويشهد على ذلك ما تحمله الصخور من حفريات . والحفريات هى بقايا متحجرة لأجزاء من صور الحياة القديمة . ويدل على قدمها انها اكتشفت مدفونة فى طبقات من الصخور على مسافات من سطح الأرض .

ورغم ان التاريخ قد سجل اكتشاف مثل تلك الحفريات فى العصور القديمة الا أن الغرب ظل لفترة طويلة من تاريخه لا يلقى بالا لهذا الأمر أو يفسر تلك الحفريات بروايات خرافية لا يقبلها عقل لأن الاعتقاد السائد فى ذلك الحين - والذي كان يقلب عليه الطابع الدينى - يفيد بأن عمر الأرض والكون كله لا يتجاوز عدة آلاف من السنين . بل ان العلماء أنفسهم كانوا من المعارضين لأى محاولات للتخلى عن ذلك الاعتقاد أو مناقضته .

غير أن ما شهده القرن التاسع عشر من تقدم علمى لم يدع مجالا إلا للتسليم بأن الأرض عمرها قديم جدا .

وإذا كان العلماء لم يصلوا بعد الى مرحلة التمكن من تحديد عمر الحفريات الحقيقى ، الا أنه بوصفهم تقدير عمر نسبى لها ، فبإمكانهم مثلا تصنيف الصخور بحسب قدمها وذلك بقياس العمق الذى اكتشفت فيه طبقة تلك الصخور من سطح الأرض . ولعله من المنطقى القول بأن الأرض شهدت مع مرور الزمن عمليات ترسيب تدريجية بطيئة وبالتالي كلما ازداد عمق طبقة من الصخور دل ذلك على مدى قدمها .

ويكفى لتقدير العمر النسبي للحفريات استنتاج العمر النسبي لطبقة الصخور التي تنتمي إليها كل حفرة .

وأقدم صخور معروفة حتى الآن تحمل حفريات هي التي أطلق عليها الجيولوجي الانجليزي آدم سيدويك (١٧٨٥ - ١٨٧٣) اسم «كامبرية» . ولقد اختار سيدويك هذا الاسم نسبة وتكريما لمنطقة « كامبريا » ، وهو الاسم الروماني القديم لما يسمى الآن في بريطانيا ويلز . ولقد كانت هذه أول منطقة يدرس فيها الجيولوجي الانجليزي هذا النوع من الصخور .

وكان جليا أن الحفريات الكامبرية هي بقايا احياء مائية . ولا تتضمن سجلات الحفريات في ذلك الحين أى دلالات على وجود حياة على الأرض ، بينما برزت من صور تلك الحياة القديمة أشكال شتى من أحد أنواع الحيوانات الصدفية أطلق عليها اسم « تريلوبايت » . ويمد « ملك السراطين » أقرب الكائنات الحية الحالية شبيها للتريلوبايت .

وقد تم ادراج كل ما اكتشف من صخور أقدم من الصخور الكامبرية في فئة واحدة باسم « صخور ما قبل الكامبرية » .

ومع تطور عمليات قياس وحساب عمر الصخور باستخدام نظرية التحليل الاشعاعى ، صار واضحا أن أقدم صخور كامبرية ، وبالتالي أقدم حفريات ، يرجع تاريخها الى ستمائة مليون سنة . ورغم ضخامة هذا الرقم الا انه تبدي قيما بعد أنه مهما بلغ من قدم الحفريات فهي تعتبر حديثة نسبيا قياسا بعمر الأرض .

وإذا لم يتم العثور على حفريات يرجع تاريخها الى بلايين السنين الأربعة الأولى من تاريخ الأرض (سبعة اثمان عمر الأرض) ، فهل يعنى هذا أن الحياة دبّت على الأرض خلال الثمن الأخير فقط من عمرها ؟

لم يقتنع الجيولوجيون بذلك الاستنتاج ، لا سيما وأن تكون الحفريات عملية تخضع الى حد كبير لعامل الصدفة ، ولا تحدث الا فى ظل ظروف خاصة جدا . ولا بد أن تكون الأرض قد شهدت بلايين لا تحصى من الكائنات الحية ، عاشت وماتت دون أن تخلف شيئا أصابه التحجر وبقي على هيئة حفرة . بل قد يتصادف أن تكون مجموعات بأكملها من الكائنات الحية قد اندثرت دون أن تترك أى أثر بقى حتى اليوم ، وفى نفس الوقت تكون بعض الكائنات الحية الأقل شيوعا قد خلفت أعدادا وفيرة من الحفريات .

ثم ان الكائنات الحية تحتوى على أجزاء أقرب بطبيعتها الى التحجر دون الأجزاء الأخرى . وبصفة عامة « الأجزاء الصلبة » من الكائنات الحية ،

مثل الأسنان والقشور - الصدفية ، تتججر بسهولة كبيرة قياسا بالأنسجة الطرية . وبالتالي لا بد أن الفترة فيما بين خمسين ألف سنة وأربعة ملايين سنة مضت من عمر الأرض قد شهدت وجود كائنات حية تشبه الإنسان عاشت في إفريقيا وأوراسيا ، غير أن ما اكتشف من بقايا حفريّة لهذه الكائنات محدود للغاية ، ومعظم ما عثر عليه هو من بقايا أجزاء صلبة تعجرت ، وبالأخص الجماجم والأسنان . وتقيد الدلالات بأن تلك الكائنات كانت على درجة عالية من الذكاء بحيث كانوا لا يدعون ، في كثير من الأحيان ، الموت يفاجئهم وهم في حالة تسهل عملية التحجر .

وتنسب التريلوبايت - وهي من أقدم الحفريات - الى كائنات حية ذات قشرة صدفية وتنقسم ببنية معقدة .

ويمكن القول بصفة عامة انه كلما ازدادت أنواع الكائنات الحية قدما كانت أقل تطورا وأقل تعقيدا في بنيتها . ومن البديهي أن نفترض أن عصر الصخور الكامبرية سبقه عصر آخر شهد أنواعا أخرى من الكائنات الحية أكثر قدما من التريلوبايت وبالتالي أقل تطورا ، الى أن نصل الى عصر من البدايات تخلو فيها الكائنات الحية من الأجزاء الصلبة ، ومع الزمن سنجد كائنات رخوة تشبه الديدان واليرقات . وليس من شأن مثل تلك الكائنات أن تخلف بقايا حفريّة . وبالتالي فإن عدم وجود حفريات لا يعنى بالضرورة عدم وجود « كائنات حية » ولكن « عدم وجود أجزاء صلبة » فحسب .

ولقد اكتشف البيولوجي الأمريكي الزو سستيرنبرج بارجورن (١٩١٥ - ١٩٨٤) في الخمسينات من القرن الحالى آثارا لمستعمرات من نوع من الطحالب متحجرة بالقرب من البحيرة العظمى Lake superior . ويعتبر هذا النوع من الطحالب ذات اللون الأزرق المائل للخضار من أبسط أشكال الخلايا الحية المعروفة في عالم اليوم . انها تشبه البكتريا الى حد كبير مع الفارق انها تحتوى على الكلوروفيل بينما البكتريا خالية من تلك المادة .

ويتسم كل من الطحالب ذات اللون الأزرق المائل للخضار والبكتريا بأنهما يتكونان من خلايا بالغة الضالة ، حتى انها ليس لها نويات مستقلة ولكنها تنقسم بأن المادة النووية منتشرة عشوائيا في الخلية كلها . ومن ثم يطلق عليها اسم « Prokaryotes » وهي كلمة يونانية تعنى «ما قبل النواة» . اما اسم « Eukaryotes » الذى يعنى فى اليونانية « النواة الحقيقية » فهو يطلق على كل الخلايا الأخرى ابتداء بالنباتات والحيوانات ذات الخلية الواحدة وحتى الخلايا المكونة للكائنات الحية متعددة الخلايا بما فيها الإنسان .

وليسست حفريات الطحالب ذات اللون الأزرق المائل للخضار بحفريات
يسهل اكتشافها ، اذ انها تتسم بدرجة من الضالة بحيث لا بد لفحصها من
الاستعانة بميكروسكوب . ومثل تلك الخلايا الضئيلة لا بد لتوصيفها من
تحديد سمات دقيقة فى البنية تميل لأن تكون سمات بيولوجية أكثر منها
معدنية .

وقد تمكن بارجورن - رغم أن الأمر لم يكن يسيرا - من تقديم براهينه
بكل دقة واقناع . وتقع أول « ميكرو حفريات » اكتشفها بارجورن فى
صخور يرجع عمرها الى بليونى سنة . وما أن عرف طريقه حتى مضى العالم
الأمريكى يكتشف يوما بعد يوم كائنات حية أبسط وأبسط فى تركيبها
كلما ازداد قسم الصخور التى يفحصها . وفى عام ١٩٧٧ اكتشف فى
جنوب أفريقيا ميكرو حفريات فى صخور يرجع تاريخها الى ٣ر٤ بليون
سنة .

نشأة الحياة

يمكن القول اذن أن الأرض ، وقد تكونت منذ ٤ر٦ بليون سنة ، ظلت
طوال مئات ملايين السنين الأولى من عمرها فى حالة فوران دائم بسبب
استمرار تعرض سطحها لسقوط الكتل الضخمة التى كانت لا تزال تحيط
بالشمس وتبلغ مدار الأرض فتصطدم بها وبالقمر .

ومنذ أربعة بلايين سنة بلغت الأرض قدرا من الاستقرار واقتربت
من شكلها الحالى بما يتيح قيام الحياة عليها . ولم يكد يمضى ، على ما يبدو ،
نصف بليون سنة حتى بعث أول شكل بسيط للحياة . وعلى مدى
ال ٣٥٠ بليون سنة التالية (ثلاثة أرباع عمر الأرض) شهد هذا الكوكب
استمرار الحياة بشتى أنواع الكائنات الحية .

والسؤال المطروح الآن هو كيف نشأت الحياة ؟

إن الاستنتاج العلمى المقبول (والذى لا يستند الى وجود قوة خارقة ،
فليس ثمة دليل عليها قط) يتمثل فى أن عددا من الجزيئات الموجودة فى
الجو والمحيطات اتحدت بشكل عشوائى وكونت جزيئات أخرى أكثر
تعقيدا . وتكررت تلك العملية مرات ومرات الى أن بلغت الجزيئات حدا من
النمو يتسم بالصفات والخصائص التى تعرف بها الحياة .

وليس ذلك الاستنتاج بالأمر الذى يمكن أن نلمسه بشكل مباشر ،
سواء على الأرض ، حيث يفصلنا عن هذا الحدث بلايين السنين ، أو فى

عوالم أخرى حيث ان أقرب الكواكب التى يمكن تصور قيام حياة عليها تبعد عن الأرض بـ ١٠٠ سنة ضوئية . ومع ذلك يمكننا الوصول الى دلائل غير مباشرة .

ولكى نبدأ ذلك المبحث لابد أن نحدد الشكل المفترض للخلايا البسيطة لدى بداية تكون الأرض . ويتفق العلماء بصفة عامة الآن على أن الخلايا المعنية لم تكن سوى الخلايا التى تكونت منها الثلوج . غير أن ثمة جدلا قائما يتعلق بتفاصيل عملية اتحاد تلك الخلايا . لاشك أن المياه كانت موجودة ومعها جزيئات أخرى يحتوى بعضها على نيتروجين والبعض الآخر على كربون .

وقد يتحد كل من الكربون والنيتروجين مع الهيدروجين فيتكون الميثان فى حالة الكربون والنشادر (الأمونيا) فى حالة النيتروجين . وتلك تفاعلات موجودة فى كوكب المشترى وكواكب أخرى تقع على محيط المجموعة الشمسية . اما فى كوكبى الزهرة والمريخ فالكربون متحد مع الأكسجين (ثانى أكسيد الكربون) بينما ذرات النيتروجين موجودة فى ثنائيات وتكون جزيئات النيتروجين .

ويعتقد بعض العلماء أن الغلاف الجوى للأرض فى مراحلها الأولى كان يتكون من الأمونيا والميثان وبخار الماء مع وجود نسبة كبيرة من الأمونيا مذابة فى مياه المحيطات . ويعتقد البعض الآخر أن مكونات الغلاف الجوى الأولى للأرض تتمثل فى ثانى أكسيد الكربون والنيتروجين وبخار المياه مع وجود كميات كبيرة من ثانى أكسيد الكربون مذابة فى مياه المحيطات . وثمة احتمال أيضا أن تكون الطبقات الخارجية من الغلاف الجوى للأرض مكونة من الأمونيا والميثان وبخار الماء (الغلاف أ) وتتحول تلك العناصر بفضل تفاعلات طبيعية - لا تشمل الحياة - الى ثانى أكسيد الكربون والنيتروجين وبخار الماء (الغلاف ب) .

ولايشكل الخيار بين نوعى الغلاف الجوى نقطة خلاف جوهرية ، فكل منهما يحتوى على ذرات الهيدروجين والكربون والنيتروجين والأكسجين (وهى تشكل ٩٩ فى المائة من ذرات الأنسجة الطرية فى أى كائن حي) . أما الذرات المكونة لباقي الأنسجة ، ومنها الذرات التى تكسب الأنسجة الصلبة صلابتها ، فكانت موجودة فى المحيطات الأولى وذائبة فى مياهها .

واذا توفرت الجزيئات البسيطة (أيا كان نوعها) ، فما هى التفاعلات التى من شأنها أن تسفر عن تكوين جزيئات أكثر تعقيدا ؟ ان التصادمات البسيطة وتبادل الذرات بشكل عشوائى ليس سببا كافيا ، اما عملية

تحول جزيئات بسيطة الى أخرى أكثر تعقيدا ، فهي تستلزم بصفة عامة استهلاك قدر من الطاقة ، بمعنى آخر لابد من توفير الطاقة اللازمة لذلك التفاعل كي يتم التحول .

والأرض في مراحلها الأولى كانت تحتوى على العديد من مصادر الطاقة المتاحة ، فقد كانت هناك حرارة البراكين والطاقة الكهربائية الناجمة عن وميض الصواعق ، فضلا عن أن الأرض فى بدايتها كانت على الأرجح أكثر فورانا مما هي عليه اليوم مع توافر أعداد أكبر من الثورات البركانية والمعاصف الرعدية .

وهناك أيضا الطاقة الناجمة عن النشاط الاشعاعى ، ولا يخفى على أحد أن النشاط الاشعاعى فى المراحل الأولى للأرض ، كان أقوى مما هو عليه اليوم ، اذ مع مرور بلايين السنين منذ تكون الأرض تعرض بالقطع قدر كبير من المخزون الأصل للذرات المشعة للتحلل .

وكانت هناك أخيرا الأشعة فوق البنفسجية الواردة من الشمس . وفى عالم اليوم لا يصل من تلك الأشعة الى الأرض الا قدر ضئيل بسببه وجود طبقة الأوزون التى تحجب معظم الأشعة فوق البنفسجية . وطبقة الأوزون - التى يبلغ سمكها ٢٥ كم (١٥ ميلا) - موجودة فى الطبقات العليا من الغلاف الجوى ، وقد نتجت عن تحول الأكسجين (وهو غلى هيئة جزيئات ، كل جزيء مكون من ذرتى أكسجين فى الغلاف المحيط بالأرض) الى أوزون (وهو يتكون من جزيئات يحتوى كل منها على ثلاث ذرات أكسجين) .

ومن طبيعة الأكسجين انه لا يبقى كمعصر بذاته فى الغلاف الجوى . فهو عنصر نشيط للغاية ويميل دائما الى الاتحاد مع عناصر أخرى عديدة ومن ثم فلو انه ظل على طبيعته لانتهى الى الغناء . ويعزى السبب الوحيد فى عدم فناءه الى النباتات الذى يشكل معبلا دائما لانتاج الأكسجين . فالنبات يستخدم طاقة الأشعة الشمسية فى عملية دمج ثاني أكسيد الكربون مع الماء ليتكون النشا وعناصر أخرى يستخدمها الحيوان كغذاء له ، وينتج عن ذلك التفاعل تحرر كمية من الأكسجين تخرج الى الجو .

ولم تكن الأرض فى مراحلها الأولى ، وقبل ظهور الحياة ، تخرج نباتا وبالتالي لم تكن هناك عملية انتاج عنصر الأكسجين ، أى لم يكن هناك طبقة أوزون فى الطبقات العليا من الغلاف الجوى وهذا يعنى أن الأشعة فوق البنفسجية الواردة من الشمس كانت تصل الى سطح الأرض بلا عوائق .

وفي عام ١٩٥٢ أجبرى الكيميائي الأمريكي ستانلي لوييد ميلر (١٩٣٠ -) تجربة استخدم فيها ماء على درجة عالية من النقاء والبسترة فضلا عن خليط من عناصر الأكسجين والأمونيا والميثان - أي ما يماثل الغلاف الجوي ١ . وتمرر ذلك عبر جهازه مصحوبا بصلمية تقريغ كهربى بما يشكل عملية تفذية بالطاقة لآحداث تأثير يضاهى التأثير الضوئى . واستمرت التجربة اسبوعا فصل بعدها مكونات ذلك المحلول المائى ، واكتشف أن مركبات عضوية بسيطة قد تكونت منها بعض « الأحماض الأمينية » التى تعد أساس البروتين وبالتالى العنصر الرئيسى فى تكوين الخلايا الرخوة .

وقد كرر علماء آخرون التجربة باستخدام أشعة ضسوءية فوق بنفسجية كبسدر للطاقة وحصلوا على نفس النتائج . بل ذهب البعض الآخر الى استخدام تركيبات مختلفة من « الغلاف الجوى ب » وأسفرت تجاربهم عن تكون عناصر أكثر تعقيدا .

أما عالم الكيمياء الحيوية الأمريكى سبىريل بونا ميروما (١٩٢٣ -) السبىرلانكى المولد فقد كان أكثر العلماء تقائنا فى إجراء مثل تلك التجارب حتى انه نجح فى تخليق عنصر النوكليوتايد من مركبات بسيطة ، ويعتبر ذلك العنصر أساس تكوين « الأحماض النووية » التى تعد المركب الرئيسى الثانى فى تكوين الخلايا الرخوة ، كما نجح أيضا فى تخليق مادة adenosine triphosphate وهى مادة رئيسية بالنسبة للطاقة فى الخلايا الحية .

وتعتبر كل النتائج التى توصل إليها العلماء عن طريق هذا « التخليق الذاتى » ، (بدون تدخل روح الحياة - باستثناء روح العالم ذاته بالطبع) ، باستخدام عينات يفترض أنها مماثلة للجو السائد فى المراحل الأولى لتكون الأرض ، نتائج ناجحة فى اتجاه تكوين الأنسجة الحية .

أما عالم الكيمياء الحيوية الأمريكى سيدنى والتر فوكس (١٩١٢ -) فقد سلك اتجاه آخر فى أبحاثه ، حيث بدأ تجاربه مستخدما خليطا من الأحماض الأمينية وعرضها للحرارة فحصل على عناصر تشبه البروتين ، ولما أذاب تلك العناصر فى الماء حصل على كريات ضئيلة للغاية تحمل بعض صفات الخلايا .

غير أن كل التجارب لم تسفر من قريب أو بعيد عن تخليق جهاز يتسم بسسحة من الحياة ولو فى أبسط صورها البدائية . ولكن رغم أن التجارب معملية والعمل فيها يجرى بكميات محدودة وعلى مدى فترات

قصيرة ، الا أن النتائج مذهلة (وان كانت محدودة) وكلهما تنبج الى التوصل الى سر الحياة . فما عساهما تكون النتائج لو اتسع النطاق ليشمل محيطا بأكمله مكونا من مركبات بسيطة تتعرض للطاقة لمئات الملايين من السنين ؟ ليس من المستبعد - في ظل مثل تلك الظروف - تخيل مرحلة تشهد « تطورا كيميائيا » يؤول الى تخليق خلية حية بدائية في زمن لا يزيد بعده عن ٢٥ ٢٠٠ بليون سنة .

تكون الأنواع المختلفة من الكائنات الحية

كم عدد المراحل الزمنية المختلفة التي مرت بها الحياة حتى مبعثها ؟ هل تكونت الطحالب الزرقاء / الخضراء نتيجة خط من التطور الكيميائي والبكتيريا نتيجة خط آخر ؟ هل كل نوع من الطحالب الزرقاء/الخضراء والبكتيريا تكونت بأساليب مستقلة تماما عن بعضها ؟ هل اتخذ التطور الكيميائي مسارات أخرى أكثر تعقيدا أسفر كل منها عن تكون نوع من التريلوبايت ؟ أو نوع من الديناصورات ؟ أو عن تكون الانسان ؟

تلك احتمالات بعيدة تماما . فلو أن كل نوع من النبات أو الحيوان أو الكائنات الحية الدقيقة بما فيها تلك التي نشأت حديثا نتج عن خط مستقل لكان هناك الملايين من خطوط التطور الكيميائي المختلفة ولكانت هناك مركبات تشهد حاليا أحد أشكال التطور الكيميائي وليس ثمة ما يدل على ذلك مطلقا .

علاوة على ذلك ، فإذا كان المرء يتقبل فكرة تواصل التطور الكيميائي في عالم يحيط به الغلاف الجوي بتركيبته الأولى وبدون حياة ، فمن غير المنطقي أن نتصور استمرار التطور في ظل غلاف جوي يحتوي على الأكسجين وعالم تقوم عليه حياة . فالأكسجين مادة نشطة ومن شأنه أن يتحد مع مركبات بلغت من التعقيد ما يقترب بها من مرحلة الحياة فبدى الى انهيارها وتدميرها . (مثل تلك المركبات موجودة في الكائنات الحية الحالية ولكنها تتمتع بأشكال قوية شتى من الحماية ضد الأكسجين) . ومن ثم ، فما أن نشأت الحياة ، فإن أى مركب بلغ من التطور حدا اقترب به من مرحلة الحياة يصبح ملائما كغذاء لتلتهمه بعض الكائنات فورا .

بناء على ذلك ، يقودنا المنطق الى الفرضية القائلة بأن الحياة كانت لها نشأة واحدة في الأزمنة السحيقة ، وربما كانت هناك عدة محاولات ولكنها اندثرت كلها وبقيت نشأة واحدة . فما أن تكونت واحدة من صور الحياة وترسخت وازدهرت حتى انتهت سلسلة التطور الكيميائي .

ولكن اذا كان الأمر كذلك ، لماذا لم تبق تلك الصورة ، الصورة الوحيدة للحياة الكائنة منذ نشأتها وحتى اليوم ؟ كيف حدث ذلك التنوع فى صور الحياة فى الماضى السحيق (بدلالة تنوع الحفريات) وفى الحاضر ؟

ان فحص الحفريات يفيد بوجود علاقة بينة - بدرجات متفاوتة - بين شتى أنواع الكائنات الحية . كما أن الكائنات الحية القديمة تشبه بصورة أو بأخرى بعض الكائنات الحديثة ، وثمة سلسلة من الحفريات بينهما لكائنات تعرضت لتغيرات تدريجية لتنتقل بها من القديم الى الحديث . ومن ناحية أخرى هناك عديد من الدلالات الأخرى المختلفه التى تعزز هذا الاتجاه منها ما ينتمى للكيمياء الحيوية ومنها ما يستند الى الملاحظة .

وتكمن الاجابة على السؤال المطروح فى أن الكائنات الحية بتكاثرها وتوالدها وانتقالها من جيل الى جيل تتعرض للتغير ، وتعرض بعض الأنواع (أو الأجناس) للانقراض بينما يشهد البعض الآخر تغيرا تدريجيا حتى يكتسب قدرا من الاختلاف لينتقل به النسب الى جنس آخر . وقد ينحدر من بعض الأنواع جنسان مختلفان وربما أكثر . يمكن القول اذن ان أجناس الكائنات الحية الموجودة حاليا والتى يبلغ عددها زهاء مليونى نوع (بما فيها الجنس البشرى) تنحدر من أجناس سابقة تعد بدورها سليلة أجناس أقدم ، وهلم جرا الى أن نصل الى صور الحيلة البسيطة التى كانت سائدة منذ حوالى ٣٥٠ مليون سنة ، والتى تعتبر أيضا مراحل لاحقة لنشأة الحياة ، ومازالت تلك نتاج ما سبقها من تطور كيميائى . ويسمى الانتقال البطيء للحياة من أبسط صورها الى ذلك العدد الضخم من الأجناس ، الكائن منها والمنقرض ، « بالتطور البيولوجى » .

وثمة سببان حالا دون تقبل العلماء السابقين لفكرة التطور البيولوجى .

ويكمن السبب الأول فى أن الديانة السائدة فى ذلك الحين فى العالم الغربى كانت متمسكة حرقا بما جاء فى الانجيل وفغاده أن عمر الأرض لايتجاوز بضعة آلاف من السنين وأن قوى خارقة خلقت الأنواع المختلفة من الكائنات ، أى أن كل نوع خلق على شاكلته ومستقلا عن سواه ، ولما كان معظم العلماء متمسكين بدينهم فقد رفضوا اعتناق فكرة التطور البيولوجى لما كانت تنطوى عليه فى اعتقادهم من تقويض لركائز الدين . وحتى لو أن من العلماء السابقين من كان يرجع التفكير المنطقى على الايمان الأعمى فقد كان يهاب رد فعل غاضب من جانب المجتمع .

أما السبب الثاني فهو أن العلماء حتى لو اقتنعوا بفكرة التطور فقد كان يعوزهم فهم آلية ذلك التطور . فاللقط تلد قطيقات والكلاب تلد أجراء ونسل الانسان أطفال ، وليس هناك أى علامة تغيير فيما بين الأجيال من شأنها تعزيز فكرة التطور .

وكان الفرنسي جان باتيست دى لامارك عالم التاريخ الطبيعي (١٧٤٤ - ١٨٢٩) هو أول من طرح فى عام ١٨٠٩ تصورا لآلية التطور البيولوجى حيث قال ان الكائنات الحية تستخدم بعض أجزاء أجسامها أكثر من غيرها ، فتتقوى الأجزاء المستخدمة بينما تضمحل الأجزاء المهملة وينتقل ذلك تباعا الى الذريات المتعاقبة .

فالغزلان على سبيل المثال تتغذى على أوراق الشجر وهى بحاجة دائما لأن تفرد جسمها لتحصل على الأوراق العالية ، وذلك من شأنه أن يؤدى ، بمرور الوقت ، الى استطالة أعناقها وسوقها . ووفقا لذلك الافتراض ، تنتقل تلك السمات الى الجيل الثانى وتستمر عملية استطالة الأعناق والسوق ، وجيلا وراء جيل تتحول الغزلان الى زراف . وقد تتطلب عملية التحول عددا ضخما من الأجيال ، فلا تلمس التغيرات على مدى عمر الانسان ، بل على مدى التاريخ البشرى بأسره .

غير أن افتراض التطور القائم على توارث الصفات المكتسبة ثبت أنه خاطئ .

فمن ناحية ثبت عدم توارث الصفات المكتسبة على نحو ما أكدته التجارب ، ومنها ما قام به البيولوجى الألمانى أوجست فايسمان (١٨٣٤ - ١٩١٤) فى الثمانينات من القرن التاسع عشر ، حيث أقدم على قطع ذيول ١٥٩٢ فأرا عند الولادة وذلك على مدى ٢٢ جيلا متعاقبا . غير أن الفئران استمرت رغم ذلك تلد ذريات بذيول طبيعية .

ومن ناحية أخرى فإن بعض الصفات تتعرض للتغير رغم أنها تتعلق بأعضاء لا سلطان للحيوان عليها . فعلى سبيل المثال أضفى التطور على بعض الحيوانات صفة التلون لا اراديا بلون البيئة بهدف الحماية من الأعداء . وعلى ذلك فمن غير المعقول أن تسعى الحرياء مثلا بإرادتها الى تغيير قدرتها على التلون لتورث ذريتها آلية أكثر كفاءة .

وفى عام ١٨٥٩ طرح العالم الانجليزى تشارلز روبرت داروين (١٨٠٩ - ١٨٨٢) ، المتخصص فى التاريخ الطبيعى ، تصورا آخر لآلية التطور بعد أن مكث أربعين سنة فى جمع المعلومات حول هذا الموضوع .

وقال ان الجيل الواحد لجنس من الأجناس يتضمن أعضاء يتسمون

باختلافات علفية فى صفاتهم فمنهم الأبطأ والأسرع ، الأطول والأقصر ، الأقوى والأضعف ، الأميل للون الأحمر والأميل للون الأزرق وحلم بىرا . وتلك الاختلافات الطيفية عشوائية ، ولكن قد يحدث أن تكون للحالات الفردية ، ذات الصفات المميزة بصورة أو بأخرى، قدرة أكبر (فى المتوسط) على البقاء دون غيرها .

وببقاء تلك الحالات المميزة ، تنتقل صفاتها الخاصة الى ذريتها فيكون منها مرة أخرى فى المتوسط الأبطأ والأسرع ، الأطول والأقصر ، الأقوى والأضعف ، الأميل للون الأحمر والأميل للون الأزرق الخ . وفترة أخرى يكتب البقاء لتلك الفصائل الأكثر تأقلا . وبمرور الوقت تتأصل الصفات وتترسخ ، فيزداد البطء مثلا أو السرعة ، أو الطول أو القصر ، أو القوة أو الضعف ، أو الميل الى اللون الأحمر أو الى اللون الأزرق . وباختلاف الأماكن أو اختلاف الظروف ، يكتب البقاء لأنواع مختلفة من فصائل جنس ما بحيث قد يطرأ على أحد الأجناس نوعان أو أكثر من التغيرات الدائمة بما يسفر عن نشأة نوعين أو أكثر من أجناس مختلفة سلبية جنس واحد . وفى بعض الأحيان وفى ظل ظروف غير مواتية يؤول أمر بعض الأجناس بالتدرج الى الفناء لعدم قدرتها على التأقلم مع البيئة .

يمكن القول اذن ان الطبيعة تنتقى الأصلى من بين الأنواع المتناسلة عشوائيا ويعرف ذلك باسم « التطور البيولوجى القائم على الانتقاء الطبيعى » . وقد استمرت تلك النظرية عن التطور سائدة حتى الآن . وقد أدخلت ، على مدى قرن وربع من الزمان ، بعض التعديلات على هذه النظرية وما زال الجدل يثار حول بعض جوانبها . وعلى أى الأحوال فهما يختلف علماء الأحياء حول تفاصيل آلية التطور فلم يمد أحد يجادل فى مبدأ التطور فى حد ذاته . تماما مثلما يجمع الناس على أن الساعة تعلن عن الوقت مهما اختلفت آراؤهم حول طريقة تشغيل تلك الساعة .

علم الوراثة

تضمنت نظرية داروين بعض النقاط الغامضة من بينها ماهية التأثير الناجم عن التغيرات الطبيعية التى تطرأ على بعض أفراد الأجناس فى عملية التطور . ولنفتراض على سبيل المثال أن بعض أفراد جنس ما يتميزون بقدر أكبر من السرعة دون أقرانهم وأن عامل السرعة فى حالتهم له قيمة كبيرة تسهم فى كفاءة فرصة أفضل للبقاء . أليس من

الوارد أن يتزاوج أفراد يتميزون بالسرعة مع آخرين يتسمون بالبطء بما يفرز ذرية متوسطة السرعة ؟ (فالكائنات الحية لا تختبر لياقة بعضها قبل التزاوج) ألا يمكن أن تقضى عملية التزاوج بين الكائنات الحية (وهي غالبا ما تتم بشكل عشوائي) الى القضاء على التميز الفائق في الخصائص ، بما يسفر عن سلالات ذات قاعدة عريضة من الصفات المتوسطة فلا يكون ثمة مجال لأن تعمل الطبيعة على اختيار الأصلح للبقاء ؟

لقد ثبت في عام ١٨٦٥ أن الأمر لا يتم على هذا النحو . فقد أجرى عالم النبات الاسترالي جوهان جريجور مندل (١٨٢٢ - ١٨٨٤) تجربة دقيقة لتهجين أنواع مختلفة من البازلاء ، ودرس تأثير ذلك على خصائص النبات . وقد اكتشف أنه يتهجين نوع من البازلاء طويل الساق مع نوع آخر قصير الساق أن النتائج كله طويل الساق وخال تماما من أي عود متوسط الساق . وبإجراء التهجين على الجيل الثاني حصل على زروعات ذات سوق طويلة وأخرى ذات سوق صغيرة بنسبة ٣ : ١ .

وقد فسر مندل تلك النتيجة بأن افترض أن كل نبتة تحتوي على عاملين يتحكمان في طول الساق . فالنباتات ذات السوق الطويلة تحتوي على عاملين يساعدان على إطالة السوق ومن ثم يمكن أن يرمز لهذا النوع من النباتات بحرفي ط ط ، أما النباتات ذات السوق القصيرة ، وسيرمز لها بحرفي ق ق ، فتحتوي على عاملين من نفس الفصيلة ولكنهما يختلفان عن النوع الأول في أنهما يصلان على تقصير السوق .

ويتهجين النباتات ذات السوق الطويلة مع ذات السوق القصيرة فإن كل نبتة تورث بشكل عشوائي ، واحدا من العاملين الى كل نبتة جديدة . وبالتالي فإن كل نبتة ط ط ستورث بالضرورة عاملا من النوع ط وكل نبتة ق ق ستورث عاملا من النوع ق . وبذلك تحتوي كل نبتة من الجيل الثاني اما على العاملين ط ق أو ق ط . ولما كان العامل ط هو الأقوى فإن الخاصية التي يمثلها تغلب وبالتالي سواء كان العاملان ط ق أو ق ط فالنتيجة واحدة والنبتة ستكون طويلة الساق تماما كما لو كانت من النوع ط ط .

والعامل ق في الجيل الثاني لم يختلف ولكن تأثيره اضمحل فحسب . أما لو تم تهجين نبتة ط ق مع أخرى ق ط فإن كلا منهما مستورث العامل ط الى نصف نبتات الجيل التالي والعامل ق الى النصف الآخر وبشكل عشوائي تام . وينتج عن ذلك أربعة أنواع من النباتات ط ط ،

ح ق ، ق ط و ق ق ، والنباتات الثلاث الأولى تتسم بطول الساق وتبقى للنباتة الأخيرة منفردة بقصر الساق وذلك يفسر نسبة ال ٣ : ١ .

وقد بين مندل أن هناك مجموعات أخرى من الخصائص تنتقل الى الأجيال التالية بنفس الطريقة ووضع بعناية كبيرة ما يعرف اليوم باسم « قوانين مندل الوراثية » ، وتفيد هذه القوانين بأن التزاوج العشوائي لا يقضى على الصفات الفائقة بل على العكس يميل الى ترسيخها وإبرازها جيلا بعد جيل .

غير أن مندل لم يكن للأسف ذائع الصيت كعالم نبات وكانت أبحاثه تسبق عصره . ورغم أنه نشر تجاربه وما حصل عليه من نتائج إلا أنها ظلت حبرا على ورق حتى عام ١٩٠٠ عندما توصل ٣ علماء نبات آخرين - كل على حدة - الى نفس القوانين ، واكتشف ثلاثتهم أن مندل سبقهم بحيل كامل في نتائجهم التي أيدها تماما كل منهم على حدة .

وبذلك انتفت المشكلة الكبرى في نظرية داروين المتمثلة فيما كان يدور في الأذهان من اتجاه الطبيعة ، مع تعاقب الأجيال ، الى القضاء على الصفات البارزة في الأجناس .

والآن ما هي الكينونة البيولوجية والكيميائية للعوامل التي يعينها صندل في قوانينه ؟

في عام ١٨٨٢ نشر عالم التشريح الألماني والتر فليمينج (١٨٤٣ - ١٩٠٥) نتائج أبحاثه في مجال الخلايا الحية ، وكان قد ابتكر أساليب جديدة لتعريض الخلايا لبعض أنواع الصبغات التي يستحدثها الكيميائيون . واكتشف فليمينج أن بعض الأصباغ تتآلف مع جانب من الملامح الداخلية للخلية دون غيرها ، وأن ثمة صبغة معينة تلون جزءا من المادة داخل النواة . وقد أطلق على تلك المادة « كروماتين » وهو الاسم اليوناني لكلمة « لون » .

وكان معلوما أن النواة جزء أساسي في عملية انقسام الخلية ، ولو انتزعت من الخلية لا تتم عملية الانقسام ، وفي إحدى تجاربه قام فليمينج بصبغة جزء من أنسجة تحتوى على خلايا في حالة انقسام تشط . وقد تلون الكروماتين في كل خلية ، ولكن عملية الصبغة أسفرت عن قتل هذه الخلايا بينما كانت في مراحل مختلفة من عملية الانقسام ، فحصل فليمينج على سلسلة متباينة من الصور للكروماتين في مراحل مختلفة . وبمحاولة ترتيب تلك الصور وقف العالم الألماني على أسلوب تتابع العملية .

وتلاحظ أن الكروماتين في خلية منقسمة يتجمع في مجموعة من العيدان القصيرة الفليطة المزدوجة فيما يبدو بحيث كان هناك اثنان من كل نوع من العيدان . وأطلق فليمينج على كل من تلك العيدان اسم « كروموزوم » مما يعنى باليونانية « جسيمها ملونا » . وتصطف الكروموزومات بطول المحور المركزى للخلية ثم تتضاعف ، أى أن كل واحد منها ينتج كروموزوما آخر يماثله تماما ، مما يسفر عن وجود زوجين من كل كروموزوم . ويعنى ذلك أن الخلية تصبح مكونة من مجموعات كروموزومات كل مجموعة مؤلفة من زوجين (أى أربعة) .

ثم تنفصل الكروموزومات ويتوجه زوج من كل مجموعة الى طرف الخلية بينما يتوجه الزوج الآخر الى الطرف المقابل . وبعد ذلك تمتشق الخلية وسرعان ما تنقسم الى خليتين تحتوى كل منهما على مجموعة كاملة من الكروموزومات المزدوجة .

وفى عام ١٨٨٧ واصل عالم الأحياء البلجيكي ادوارد جوزيف فان بينيدين (١٨٤٦ - ١٩١٠) الأبحاث حول الكروموزومات واكتشف أن كل نوع من الأجناس تحتوى خلاياه على عدد مميز من الكروموزومات . فخلايا الجنس البشرى على سبيل المثال تحتوى كل منها على ٤٦ كروموزوما مقسمة الى ٢٣ زوجا . واكتشف بينيدين أيضا انه عند تكوين بويضة أو حيوان منوى فى أى كائن حى فإن خلايا أى منهما تحتوى على واحد فقط من كل زوج من الكروموزومات ، أى أن خلايا البويضة أو الحيوان المنوى فى الجنس البشرى تحتوى كل منها على ٢٣ كروموزوما .

وعندما تتم عملية التخصيب ، تعود خلايا البويضة المخصبة الى العدد الأصيل من الكروموزومات ، ولكن نصفها من الأب والنصف الآخر من الأم . وعلى ذلك فالبويضة المخصبة فى الجنس البشرى تحتوى على ٢٣ زوجا من الكروموزومات .

وفى عام ١٩٠٢ ، وبعد فترة وجيزة من إعادة اكتشاف نظرية مندل ، أشار عالم أحياء أمريكى يدعى والتر ستانبورو ساوتون (١٨٧٧ - ١٩١٦) الى أن الكروموزومات تماثل فى نظامها العوامل الواردة فى نظرية مندل ، إذن فما هى الا تلك العوامل ذاتها ، وبالتالى فالكروموزومات هى العامل الوراثى الحاكم .

غير اننا لو اعتبرنا أن الكروموزوم يتحكم في واحد فقط من
 خصائص الجنس فإن عدد الكروموزومات لا يكفي ، ولا يمين علي تفسير
 العملية الوراثية . ومن ثم فلا بد أن نعتبر أن كل كروموزوم يتكون من
 عريض من الجزيئات كل جزيء يتحكم في إحدى الخصائص . وفي
 عام ١٩٠٩ اقترح عالم زراعي دانمركي يدعى ويلهلم لودويج جوهانسن
 (١٨٥٧ - ١٩٢٧) أن يسمى هذه الجزيئات « جينات » وهي كلمة
 يونانية تعنى « الوضع » ، وسميت دراسة الجينات بعلم الجينات .

الأحماض النووية والتغيار الأحيائي

التركيب الجينى

ما هى الجينات ؟ وأى نوع من الجزيئات هى ؟

انه أول بادرة رد على هذا السؤال جاءت فى عام ١٨٦٩ ، وكان ذلك بفاهيل زمنى كبير عما بعدها ، باستثناء مندل الذى كان يعلم بوجود الجينات . فى ذلك الصباح اكتشف عالم الكيمياء الحيوية السويسرى جوهان فردريك ميشير (١٨٤٤ - ١٨٩٥) وجود مادة فى الخلايا تحتوى على ذرات النيتروجين والفسفور . وقد أطلق على هذه المادة اسم « الحمض النووى » نظرا لوجودها - فيما يرى - فى نويات الخلية .

ولقد تبين فى واقع الأمر أن ثمة نوعين من الأحماض النووية ، أحدهما هو « ribonucleic acid » وسيرمز له بـ ر ن . والثانى deoxyribonucleic acid وسيرمز له بـ د ن . أ . واتضح أن وجود الـ د ن . أ . فى الأساس مقصور على النواة وبالتالي فهو موجود فى الكروموزومات . أما الـ د ن . أ . فهو منتشر بصفة عامة فى الخلية خارج النواة .

وفى بداية الأمر لم يلقى أحدا بالاهتمام للحمض النووى واعتبر انه مجرد مركب بسيط موجود بكمية ضئيلة لاتتيح الا مجرد أداء مهام روتينية . أما اهتمام العلماء فقد كان منصبا على البروتينات ، تلك الجزيئات المهمة بحق والموجودة فى الأنسجة الحية بأنواع لا حصر لها وبعضها يتميز بالضعامة حتى انه ليحتوى على آلاف الذرات .

وتعد البروتينات مركبات من الأحماض الأمينية وتنقسم تلك الأحماض الى عشرين فئة ويمكن أن تختلط فيما بينها بأى صورة . ولما كانت كل فئة تحتوى على ثلاثين نوعا من الأحماض الأمينية ، فيمكن تخيل مئات من تلك الأنواع مختلطة مع بعضها ، وكل خليط من

الأحماض الأمينية يمثل جزيء بروتين متميزا ذا خصائص منفردة . ولو حاولنا احصاء عدد الصور التي يمكن أن تجتمع عليها الأحماض الأمينية لوجدنا أن عدد جزيئات البروتين المتباينة يتجاوز بكثير عدد الذرات الموجودة في الكون - حتى لو تصورنا أن الكون معبأ من أوله لآخره بالذرات . ان ذلك يبعث على الاعتقاد بأنه اذا كانت الحياة معقدة ومتعددة بلا حدود فلا بد وأن يعزى ذلك إلى الصند اللانهائي من أنواع جزيئات البروتين المختلفة .

أما جزيء الحمض النووي فيتركب من وحدات اسمها « نوكليو تايد » وكل جزيء من الحمض النووي يحتوى على أربعة أنواع فقط من النوكليو تايدات . وقد ظل الاعتقاد سائدا لزمان طويل بأن جزيء الحمض النووي يتكون من أربعة نوكليو تايدات فقط ، بمعدل واحد من كل نوع .

ولقد كان عالم الكيمياء الحيوية الألماني مارتن كوسيل (١٨٥٣ - ١٩٢٧) أول من تناول الأحماض النووية بدراسة تفصيلية ، حيث اكتشف اعتبارا من عام ١٨٧٩ الكثير حول تركيب النوكليو تايدات ، كما لاحظ أن خلايا الحيوانات المنوية غنية على وجه الخصوص بالحمض النووي (يفيد العلم الحديث بأنها غنية بال ١٠ د ن) وأن البروتين الموجود بها يتسم بتركيبية أبسط كثيرا من تركيبية معظم أنواع البروتين .

وبما أن خلايا الحيوانات المنوية تحمل الصفات المتوارثة عن الأب ، ولا تزيد في بنيتها عن مجرد حزم مغلقة من الكروموزومات فلا بد أن تركيبها لها قدر كبير من الأهمية . ومن البديهي أن يبعث غنى تلك الخلايا بال ١٠ د ن وبسطة البوتين بها على الاعتقاد بأن ال ١٠ د ن هو العامل الحيوي بالنسبة للوراثة وليس البروتين . غير أن الايمان الراسخ بأهمية البروتينات حال دون تأييد كوسيل (وكل أقرانه في ذلك الوقت) لمثل ذلك الاعتقاد .

وفي عام ١٩٣٧ اكتشف العالم الزراعي الانجليزي فردريك تشارلز باودن (١٩٠٨ -) أن الفيروس - وهو مثال لأبسط صورة للحياة - يحتوى على حمض نووي وبروتين . والفيروسات (حسبما يفيد العلم الحديث) هي كائنات حية مكونة من جزيء من الأحماض النووية المحاط بغلاف من البروتين .

وتحتوى كل جزيئات الفيروسات فيما يبدو على حمض نووي - بعضها من ال ١٠ د ن وبعضها ر ن ١٠ (وثمة جزيئات ضئيلة للغاية

تشبه الفيروسات وتسمى بإيونات غير أن المعلومات المتعلقة بها في هذا المجال مازالت غامضة) .

وبما أن جزيئات الفيروسات تنقسم بهذه الدرجة من البساطة في التركيب وبهذا القدر من الضالة قياسا بالخلايا ، حتى انها لتكاد تماثل كروموزوما واحدا منفردا ، كما أنها تتكاثر بمجرد وجودها في خلية ، فذلك يبعث على الاعتقاد بأن الحمض النووي قد تكون له درجة كبيرة من الأهمية ، غير أن العلماء ، وقد أدركوا مدى أهمية البروتينات ، إنما ركزوا الى أن الجزء البروتيني في الفيروسات هو الجزء الفصال ، أما الأحماض النووية فدورها ثانوي .

غير أن عام ١٩٤٤ شهد نقطة تحول . ففي ذلك العام كان عالم الفيزياء الأمريكي الكندي الأصل أوزوالد تيدور افري (١٨٧٧-١٩٥٥) يتعرض بالبحث لنوعين من البكتيريا التي تصيب الرئة ، النوع الأول يتسم بوجود طبقة ملساء حول الخلية ويرمز له بحرف « م » من « ملساء » ، أما الثاني فليس له هذه الطبقة ومن ثم فيتميز بسطح خشن وسيرمز له بحرف « خ » دلالة على « خشن » .

وقد استنتج افري أن البكتريا « خ » تنقصها الجينة التي من شأنها أن تكون الطبقة الملساء . ومن ثم فلو عمد الى قتل بكتيريا « م » وسحقها واذا به يعضها ثم اضافة هذا « المستحضر » الى بكتيريا « خ » ربما عمل ذلك على أن تبدأ الخلايا في تكوين طبقة ملساء . ولو صح ذلك فانه يعني أن المستحضر من البكتريا « م » يحتوي على الجينة الغائبة في البكتيريا « خ » .

وقام افري ومساعدان له بإعداد ذلك المستحضر وتنقيته من أى شيء لا يخدم ذلك الغرض مع المحافظة التامة على أى شيء من شأنه أن يهيئ للبكتيريا « خ » أن تكون الطبقة الملساء . وعندما انتهوا من عملهم اكتشفوا أن المستحضر خال تماما من البروتين بينما يحتوي على حمض نووي . وبالتالي تأكد أن الحمض النووي هو الجينة وليس البروتين .

كان العلماء في ذلك الحين قد بدؤوا يدركون أن الأحماض النووية تماثل البروتينات في كونها جزيئات ضخمة مكونة من سلاسل تحتوي على مئات ، بل آلاف النوكليوتايدات ، موزعة بترتيب عشوائي تماما بطول السلسلة . وكان السبب الوحيد الذي بعث الكيميائيين قبل ذلك الى الاعتقاد بأن جزيئات الحمض النووي بسيطة التركيب يعزى الى أن طريقة استخراجها من الخلايا لم تكن تتسم بالحرص فكانت تتلف .

ولما تدارك العلماء ذلك الخطأ ، نجحوا في استخلاص جزئ مسليم
وتبين انه ضخم .

وما أن وقف العلماء أخيراً على تلك الحقيقة حتى بدؤوا يوجهون
اهتمامهم الى الأحماض النووية ، لا سيما الى جزئ ال د ن ١٠ .

وفي عام ١٩٥٣ نشر العالمان الانجليزى فرانسيس كريك
(١٩١٦ -) والأمريكى جيمس دوى واتسون (١٩٢٨ -) نتائج
أبحاثهما حول تركيبة ال د ن ١٠ . اكتشف العالمان أن الجزيئات مكونة
من سلسلتين من النوكليوتايدات تكونان لولبا « مزدوجا » (أى أن كل
سلسلة تكون منحني يماثل السلم الحلزوني والمنحنيان يتلولبان مع
بعضهما بشكل متواز) . والسلسلتان تربطهما ببعضهما وصلات
كيميائية تشد ذواتهما الى بعض ، وكل واحدة منهما منهجة بعكس
الأخرى . أى بينما تنتفخ احدهما للخارج تنبجج الأخرى للداخل والعكس
بحيث ترتبطان ببعضهما بقوة .

ولقد ساعد اكتشاف تلك التركيبة على فهم كيفية تخليق جزيء
ال د ن ١٠ . لنسخة مكررة من نفسه لدى إفراز الكروموزومات مجموعة
جديدة عند انقسام الخلية . تبدأ تلك العملية بأن تتباعد السلسلتان
من أعلى حتى أسفل تدريجياً (كالزمام المنزلق) وكل سلسلة تكون بمثابة
قالب تتكون في ثناياه السلسلة الجديدة ، وتنبجج السلسلة الجديدة
للخارج بينما يتجه شكل منحني القالب للداخل والعكس . ولو رمزنا
للسلسلتين بالحرفين أ و ب فإن أ تكون بمثابة قالب تتكون فيه ب
جديدة بينما تشكل ب قالباً تتكون فيه أ جديدة . وتشكل السلسلتان
الجديدتان شيئاً فشيئاً بالتزامن مع فتح السلسلتين القديمتين . ومتى
اكتمل فتح السلسلتين القديمتين تكون الجديدتان قد تكونتا وتلاحمتا
واتخذتا نفس شكل القديمتين .

ومنذ عام ١٩٥٣ انكب العلماء على دراسة تفصيلية لكيفية تحكم
جزئ ال د ن ١٠ فى الخلية . ورغم أن جزئ ال د ن ١٠ يحتوى على
اربعة أنواع فقط من النوكليوتايدات الا أن النوكليوتايد لا يعمل
بفرد ، إنما يجرى إداء الجزئ من خلال مجموعات متتالية ، تتكون كل
منها من ثلاثة نوكليوتايدات (نوكليوتايدات ثلاثية) . وقد يحتل أى
نوكليوتايد من الأنواع الأربعة الموقع الأول من النوكليوتايد الثلاثى
أو الموقع الثانى أو الثالث . ومن ثم فإن عدد التباديل يصل الى
 $4 \times 4 \times 4 = 64$ مجموعة نوكليوتايد ثلاثية مختلفة .

ويتناسب كل نوكلوتايد ثلاثي مع نوع محدد من الأحماض الأمينية ، (ولما كان عدد النوكلوتايدات الثلاثية المتباينة يزيد على عدد انواع الأحماض الأمينية فمن الوارد أن يتناسب اثنان أو ثلاثة نوكلوتايدات ثلاثية مع نفس نوع الحمض الأميني) ، ومن شأن مقطع معين من سلسلة الـ د ن ١٠ الطويلة في الكروموزوم (وهو مقطع يشكل جينة) أن يشرف على انتاج سلسلة حمض أميني تتناسب مع سلسلة النوكلوتايد الثلاثي المهيمنة على تركيبها الذاتية .

ويعد البروتين المكون بهذا الأسلوب انزيما ، ومن شأن الانزيم أن يتحكم في سرعة بعض التفاعلات الكيميائية داخل الخلية ، وكل الجينات في الكروموزومات تتحكم في تكوين كل الانزيمات في الخلية ، وباختلاف طبيعة الانزيمات والكميات النسبية لكل منها ، تتمايز وظائف الخلية . ويتجمع الخلايا يتكون الكائن الحي سواء كان انسانا أو كائنا آخر بحسب طبيعة الجينات .

وبما أن الجينات تنتقل من الوالدين الى الذرية ، فإن الذرية تكون من نفس نوع الأهل ولها نفس الخصائص الجسدية ، ولا نكتفى بالقول بأن ذرية الكلاب كلاب ، ولكن نزيد بأن ذرية الكلاب من نوع البيجل تكون (بيجل) ، بل لو أن زوجين من البيجل لهما صفات معينة فإن ذريتهما ستحمل نفس تلك الصفات .

تغيرات الجينات

ولعلنا الآن نتساءل انه اذا كانت جزيئات الـ د ن ١٠ تنسخ نفسها بكل دقة ثم تتوارث من الأصل الى الذرية فلماذا لا يكون لكل كائن حي نفس مجموعة الجينات وبالتالي تكون له نفس الخصائص البدنية ؟

ولماذا وكيف نشأت وتطورت الأجناس المختلفة ؟ كيف يتأتى أن تكون هناك اختلافات في الخصائص بين أفراد الجنس الواحد ؟ من جرو الى جرو في حالة الكلاب البيجل مثلا ؟ لماذا لا يبدو المرء مختلفا عن شقيقه أو شقيقته ؟

الاجابة هي أن عملية تناسخ الـ د ن ١٠ لا تتم دائما بالكامل . فبينما تصنع سلسلة طويلة من النوكلوتايدات نسخة جديدة من نفسها بالقولبة بعيدا عن وحدات النوكلوتايدات المنفردة السابحة داخل الخلية ، فقد يحدث خرقا للعادة أن يزج بنوكلوتايد غريب في أحد مواقع السلسلة الجديدة ، وقبل أن يلفظ ، يكتمل بناء السلسلة في أي من الجانبين فيثبت ذلك بالنوكلوتايد في مكانه ، وبذلك تكون السلسلة أ

قد صنعت سلسلة ب* تتسم باختلاف طفيف عن الأصل (النجبة المصاحبة للباء تدل على أن ثمة نوكليو تايد غريباً احتل موقعا في السلسلة) ، وفي عملية التناسخ التالية تنتج السلسلة ب* سلسلة جديدة تتناسب مع تكوينها الجديد ويرمز لها بحرف أ* ، وبالتالي يأخذ الجزء د*ن ١٠ المغاير مكانا بين النوعيات المتمايزة في ذلك الجنس من الكائنات الحية .

وأي اختلاف في جزء ال د*ن ١٠ مهما كان طفيفا قد يؤثر على الخصائص ، وفي بعض الأحيان يكون التأثير ملحوظا ، وذاك يعني أن الذرية لا تكون نسخة مطابقة تماما للأصل ، وقد تحمل الذرية خصائص لا يتصف بها الأبوان ولكن قد تتواجد في الأجداد وفي بعض الأحيان لا تتوفر هذه الخصائص حتى في الأجداد .

والذين يمارسون تربية الحيوانات الأليفة يعلمون أن حيوانا قد يولد بلون مختلف تماما عن أبويه ، أو تكون له أرجل أقصر من العادة أو براسين أو قد يحمل بطريقة أو بأخرى ملامح كلها جديدة أو مختلفة اختلافا يبعث على الدهشة . ويطلق على مثل تلك الذرية « ذرية مغايرة » ، ولكن لم يهتم العلماء كثيرا بتلك الحالات الشاذة .

غير أن عالما زراعيًا هولنديا يدعى هوجو ميرى دى فريز (١٨٤٥ - ١٩٣٥) ، (وهو أحد الثلاثة الذين أعادوا ، في وقت لاحق على التجربة التي نحن بصدددها ، اكتشاف نظريات مندل) تنسaul بالبحث في عام ١٨٨٦ مجموعة من الزهور كلها من نفس النوع ، ومستنبطة من بذور مستخلصة من زهرة واحدة ولكن استرعى انتباهه أن الزهور الوليدة تختلف فيما بينها . ولما استولدها بالتلقيح الاصطناعي اكتشف فجأة أن النبتة الجديدة لا تشبه الأصل في خصائص مهمة ، وقد أطلق على هذه التغيرات المفاجئة اسم « التغير الاحيائي » .

وما أن وصل العلم الى طريقة تناسخ ال د*ن ١٠ حتى عزا التغير الاحيائي الى العيوب التي تصاحب عمليات التناسخ .

ولكن ما سبب هذه العيوب ؟ والرد أن ما من أداء يتسم بالكمال طوال الوقت ، أما قد يؤدي الارتطام العشوائي للجزيئات الى أن يفلت أحد النوكليوتايد أثناء عملية تكون سلسلة جديدة ويصطدم بمكان غير مكانه في السلسلة المقابلة المستخدمة كقالب ؟ ورغم أن هذا النوكليوتايد لا يستقر عادة في مكانه وغالبا ما يرتد ، الا انه قد يتصادف ألا تسمح ملايسات اقترابه بالارتداد فيلتصق لفترة من الزمن تتيج استقراره في السلسلة .

ولعلنا نستعين بمثل يساعدنا على تخيل ما يحدث • لو أن مجموعة من الناس مجتمعون في مناسبة ما وكل منهم قد علق معطفه في المكان المخصص لذلك ، فماذا يحدث عند الانصراف ؟ الجميع يتزاحم ، وكل شخص يمد يده صوب المكان الذي يعلم انه وضع فيه معطفه • والمفروض في النهاية أن كل شخص قد تناول معطفه • ولكن الا يحدث بعد الانصراف إن يجد شخص انه يحمل بطريق الخطأ معطفا غير معطفه •

ان التغير الاحيائي يتم بنفس الاسلوب • ورغم أن ذلك الحادث نادرا ما يقع الا أن العدد الكبير من عمليات التناسخ لآلاف الجينات وتكرار انقسام الخلايا بلايين المرات يجعل عدد التغيرات الاحيائية يبدو كبيرا ، وقد يحمل كل مولود عددا من تلك التغيرات وذلك ما يسبب الاختلافات التي يتسم بها كل جيل من الأجناس المختلفة (علاوة على التغيرات الناجمة عن اختلافات البيئة وكميات الغذاء المتاحة للصفار وأنواعه والأمراض والجروح وغيرها من الملابسات) • وتشكل كل تلك التغيرات الاطار الذي تتم من خلاله عملية الانتخاب الطبيعي ، مما يسفر عن تطور الأجناس •

وغالبا ما تكون نتيجة التغيرات سلبية — رغم كونها عشوائية • فلو أن شخصا تناول معطفا غير معطفه في المثال المطروح فنادرا ما سيحدث مناسبة سواء في المقاس أو الشكل • ولما كان ذلك « تغيارا » نتيجة سلبية فإن الرجل ليبذل كل ما في وسعه لاستعادة معطفه •

ومن ناحية أخرى فمن البادر جدا أن يجد الرجل المعطف الذي تناول به بطريق الخطأ أفضل من معطفه ، وفي هذه الحالة ، فحتى لو أعاد المعطف الى صاحبه فسيفكر في اقتناء واحد مثله ولو فعل يكون قد ثبت هذا « التغير » ليكون جزءا منه •

وبالمثل ، فقد يحدث في حالات نادرة أن يكون التغير الاحيائي الذي يصاحب عملية تناسخ مختلفة لجزء د.ن.أ. • مفيدا بصورة أو بأخرى • فقد يساعد على بقاء مولود أنجح أو أكثر ملائمة للحياة ، وعلى إنتاج ذريات يتوارث معظمها ذلك التغير •

ولو ان تغيارا واحدا جاء مفيدا من بين كل عشرة آلاف تغير مضر ، فان التغير المفيد هو الذي سيبقى وسيتمتع انتشاره في الجنس المعنى • بينما ستؤول كل التغيرات المضررة الى الاضمحلال والتلاشي مع الوقت • وعلى ذلك ، نخلص الى أن التغيرات التطورية دائما ما يكون من شأنها أن تحسن السلالات وتجعلها أصح •

واننا لا نتابع كل حالات التغير الواهية التي تفنى مع الوقت •

وكل ما نلاحظه هو الحالات المحدودة التي يكون التغير فيها مفيداً . ولذلك يجد المرء صعوبة في الاقتناع بأن التغيرات التطورية تتم بشكل عشوائي . وانه ليس ثمة ذكاء بارع يدفعها في هذا الاتجاه ، ولو كان بمسحنا الوقوف على كل التغيرات المضرة والمفيدة لصار واضحاً أن كل شيء يتم بشكل عشوائي ، وأن قدرة الطبيعة على الانتخاب - تختار واحداً من عدة تيارات وتلفظ الباقي - هي التي تهيئ الاعتقاد الواهم بأن الأمر متوجه في اتجاه مرسوم .

يتضح إذن أن عملية التغير الأحيائي - لاسيما العيوب التي تشوب تناسخ الـ د. ن. أ. - هي التي تدفع بالتطور إلى الأمام وهي التي هيأت الفرصة لأن يبعث الجنس البشري . ولو لم يكن هناك تغير أحيائي ، ولو اتسمت عملية تناسخ الـ د. ن. أ. بالكمال التام لوجدنا أنه ما أن تتكون أول نطفة بسيطة من حياة فإنها ستتكاثر على نفس النمط تماماً وينتهي الأمر عند ذلك وتقتصر كل الكائنات الحية الموجودة حالياً على أن تكون نسخاً من تلك الصورة البدائية البسيطة للحياة .

ومع ذلك فإن التغير الأحيائي الناجم عن ملاسبات مواتية لا يحدث بالمعدل الذي يلائم السرعة التي جرى بها التطور ، ولا يزعم أحد بأن التطور عملية سريعة ولكن لو قدرنا أن تطور أحد الأجناس حتى يتحول إلى جنس آخر يجرى على مدى مليون سنة ، فبالقطع سيكون معدل ما شهده العالم من تطور في الأجناس أسرع من مجرد الاعتماد على التغير الأحيائي وليد الصدفة .

ولما كانت الصدفة البحتة لا ترقى إلى مستوى معدل التغير الأحيائي الواقعي فلا بد وأن ثمة عوامل تجرى على الأرض وتعمل على زيادة ذلك المعدل .

وبوسعنا أن نلمس ذلك في المثال الوارد آنفاً . هب أن عدد الناس الذين تناولوا معاطف غير معاطفهم كان كبيراً بشكل غريب . إن ذلك يعني أن هناك عوامل هيأت زيادة معدل الخطأ . فقد يكون أحسد المصاييح قد تلف فضعت الأضامة وبالتالي قلت القدرة على التمييز بين المعاطف المتشابهة ، أو قد يكون الناس قد أفرطوا في تناول الخمور فزاعمت أبصارهم وقل تركيزهم . وقد يتهيأ احتمال ثالث من جراء حالة فوضى أصابت الناس بسبب حادث أو نداء عاجز كمثل « الحافلة ستتحرك » فتكون النتيجة التسرع فيرتفع عدد الأخطاء .

عوامل التغير الجيني

أطلق العلماء على أى سبب يبعث على زيادة معدل التغير الاحيائي اسم « عامل التغير الجيني » أو باختصار (Mutagen) وهى كلمة يونانية بمعنى « الباعث على التغير » . فما هى عوامل التغير الجيني التى من شأنها زيادة معدل التغير الاحيائي بحيث تحدث التغيرات الطورية بالسرعة التى نلاحظها ؟

تعتبر الحرارة واحدا من هذه العوامل ، فكلما ارتفعت الحرارة زادت سرعة تحرك الذرات والجزيئات وذذبعتها ، مما يصعب الأداء السليم نتيجة التزامم ، وبالتالي يتزايد معدل التغير الاحيائي مع ارتفاع درجة الحرارة .

ولقد نشأت الحياة فى مستهلها فى المحيطات واستمرت كذلك حتى نحو اربعمائة مليون سنة مضت ، بمعنى آخر ظلت الحياة مقصورة على المحيطات لمدة تسعة أعشار عمر الأرض .

غير أن واقع الأمر يفيد بأن عوامل البيئة فى المحيطات تعد أكثر استقرارا بكثير منها على الأرض ، ولا تتعرض درجة الحرارة فى المحيطات لتغيرات كبيرة فيما بين الموسم والموسم أو من السنة للسنة (بالتأكيد التغير يعد أقل مما تشهده الأرض) . وبالتالي فإن تأثير عامل الحرارة على التغير الاحيائي ظل ضعيفا طوال الجانب الأعظم من تاريخ الحياة ومن ثم لا يمكن اعتباره سببا باعنا على التطور بالمعدل الجارى .

ومن ناحية أخرى فمن الكيماويات ما يمكن أن يعتبر من « بواعث التغير » ، حيث تميل الى الاتحاد مع الـ د.ن.أ. وبالتالي فإن وجودها يسبب اختلال الأداء الطبيعي خلال عملية التناسخ . وقد تتفاعل تلك الكيماويات مع الـ د.ن.أ. بشكل آخر لا يؤدي الى الاتحاد ولكن يبعث على تغيير ترتيب بعض الذرات المكونة للجزيء ، ولو أن جزيء الـ د.ن.أ. تعرض لاختلاف فى ترتيب ذراته لصار قالبا مغايرا أثناء عملية التناسخ ومن ثم يحدث تغير احيائي .

غير أن الكائنات الحية التى تتأثر بسهولة بالكيماويات التى قد تصادفها سرعان ما تؤول الى الفناء ، حيث تعصف بها التغيرات الاحيائية . ومن خصائص الطبيعة أنها تختار للبقاء تلك الكائنات التى تتميز بطريقة أو بأخرى بمقاومة بواعث التغير الكيمايائية وبالتالي لانتوقع أن يكون للكيماويات تأثير يذكر على دفع التطور .

ولقد صارت بواعث التغيير في عالم اليوم تمثل مشكلة خطيرة .
فلقد صنع الكيميائيون آلافا من المركبات الجديدة ونشروها في البيئة
بكميات وفيرة ومنها ما يعد من بواعث التغيير . ولما كانت تلك المركبات
مستحدثة ولم تصادفها الكائنات الحية من قبل فلم تنهيا الفرصة لان
يعمل الانتخاب الطبيعي على اكساب الكائنات الحية أى مقاومة لها . وقد
يؤدى ذلك الى تعريض العديد من الكائنات الحية (بما فيها الجنس
البشرى) للضرر .

وتسفر بعض تلك التغيرات الاحيائية عن ظهور جينات تعرف باسم
أونكوجينات « Oncogens » وهي جينات ذات معدل نمو عال مما يؤدى
الى تحويز الخلايا العادية الى خلايا سرطانية ، وتسمى بواعث التغيير التى
تؤدى الى مثل تلك النتائج كارسينوجينات Carcinogens وهو اسم مشتق
فى اللغة اليونانية من كلمة تعنى سرطان البحر نظرا لوجه الشبه بين
انتشار مرض السرطان فى جميع الاتجاهات وتشعب أرجل سرطان البحر .
غير انه على مدى بلايين السنين التى سبقت التطور الكيميائى فى
القرن الأخير ، لم تكن بواعث التغيير الكيميائية ذات شأن كبير ، ومن ثم
لا يمكن الاستناد اليها لتفسير معدل التغير التطورى .

ولقد كان عالم الأحياء الأمريكى هيرمان جوزيف مولر (١٨٩٠ -
١٩٦٧) أول من اكتشف باعث تغيير جديد يفوق كثيرا فى تأثيره
الحرارة او الكماويات . كان مولر يبحث التغيرات الاحيائية العشوائية
وسبل انتقالها بالوراثة فى حالة ذبابة الفاكهة ، ولما كانت متابعة مثل
ذلك النوع من التغيرات العشوائية عملية مملة وتستهلك الكثير من
الوقت ، أخذ مولر يبحث عن سبل لزيادة معدل التغير . وقد بدأ فى
عام ١٩١٩ بزيادة درجة حرارة البيئة التى تعيش فيها مستعمرات ذباب
الفاكهة فارتفع المعدل ولكن بقدر محدود .

ثم هداه التفكير الى أن يجرب الأشعة السينية . وتتسم تلك
الأشعة بأنها أكثر فعالية من الحرارة المعتدلة ثم انها تتخلل الذبابة من
أولها لآخرها . ولو صادف شعاع سيني كروموزوما داخل جسم ذبابة
الفاكهة فانه سيمده بطاقة تكفى لأن يقرع الذرات هنا وهناك . وذلك
من شأنه أن يحدث تغييرا كيميائيا او بمعنى آخر تغييرا احيائيا .
ولم يكن العلم فى ذلك الحين قد توصل بعد الى الطبيعة الكيميائية
للجينات ، (واستمر الحال كذلك لمدة ثلاثين سنة أخرى) ولكن أيا كانت
تلك الطبيعة فقد اكتشف مولر أن الأشعة السينية لها تأثير على التغير
الاحيائى .

ولقد كان صائبا ، حيث انه ، بحلول عام ١٩٢٦ ، أثبت بما لا يدع مجالا للشك أن الأشعة السينية ترفع معدل التغير الاحيائي بدرجة كبيرة .

وقد درس علماء آخرون ذلك العامل الجديد وتبين أن أى نشاط اشعاعي قوى يزيد من معدل التغير الاحيائي . ويشمل ذلك الأشعة فوق البنفسجية والاشعاعات الصادرة عن المواد المشعة .

ولعلنا نتساءل الآن كيف تكون الاشعاعات النشطة مسئولة عن معدل التغير الاحيائي الذى جعل التطور يمضى بالسرعة التى جرى بها ؟ وإذا كان الانسان قد توصل الى التكنولوجيا التى مكنته من انتاج الأشعة السينية طوال القرن الأخير ، الا أن كم تلك الأشعة على الأرض كان محدودا قبل ذلك القرن . فقد كان الغلاف الجوى يمتص دائما قدرا كبيرا من الأشعة السينية التى تصدرها الشمس وكل الكواكب الأخرى فى السماء فلا تصل الى الأرض .

أما المواد المشعة ، فكانت موجودة دائما على الأرض ، وربما كانت بضعف كمياتها فى مهد الحياة على هذا الكوكب . غير أن معظمها كان على الأرض من ثم لم يكن لها تأثير يذكر على الحياة فى البحر . وحتى على سطح اليابسة فإن المواد المشعة ليست موزعة بشكل منظم ، بل أن الأماكن التى تصل فيها المصادر الطبيعية للاشعاع الى قدر يجعل منها مصدرا مؤثرا للتغيرات الاحيائية عددها محدود .

وفىما يتعلق بالأشعة فوق البنفسجية الواردة من الشمس ، فصحيح أنها أقل طاقة وفعالية من الأشعة السينية أو اشعاعات المواد المشعة على الأرض ، وبالتالي فهى أقل خطورة ، ولكنها كانت دائما تصل الى الأرض مع ضوء الشمس لاسيما فى العصور القديمة قبل أن تتكون طبقة الأوزون فى الطبقات العليا من الغلاف الجوى .

لم يكن هناك اذن مفر من تعرض سطح الأرض للأشعة فوق البنفسجية ، وقبل تكون طبقة الأوزون كانت تلك الأشعة تنسم بقدر من الطاقة - سواء من حيث الكمية أو نطاق طول موجاتها - لايكفى لحدوث تغيرات احيائية فحسب بل لحدوث أنواع من التغيرات الكيميائية الكفيلة بالقضاء على الكائنات الحية قضاء مبرما ، وقد يكون ذلك سبب تاحر ظهور الحياة على سطح الأرض ، فلولا أن تكونت طبقة أوزون تكفى لحجب الجانب الأكثر خطورة من الأشعة الشمسية ما كان لحياة أن تنشأ على وجه البسيطة بينما يغمرها وهج الشمس بأقصى درجاته .

أما فيما يتعلق بالمياه فقدرتها على امتصاص الأشعة فوق البنفسجية تفوق قدرة الهواء . ولابد أن الكائنات البحرية قد تطورت بحيث اكتسبت مسداً يتيح لها التواجد على عمق عدة أقدام تحت سطح البحر عندما تسقط أشعة الشمس بشكل مباشر على ذلك السطح . أما عندما تجنح الشمس للمغرب أو بعد الغروب أو في الأيام التي تكثر فيها السحب فبوسع تلك الكائنات أن ترضع إلى مستوى السطح . وعندما وصل التطور إلى مستوى الخلايا النباتية ، أصبح ضوء الشمس أساسياً لوظائفها ، واستمرت تلك الخلايا مغمورة ولكن إلى عمق يتيح لها استقبال قدر كاف من الضوء لاتمام عملية التمثيل الضوئي دون أن يتجاوز ذلك القدر حد الخطر . وما أن تكونت الخلايا النباتية حتى بدأ الأكسجين يختلط بالغلاف الجوي ، وسرعان ما تكونت طبقة الأوزون ، ومن ثم زال خطر الأشعة فوق البنفسجية إلى حد كبير .

ولعلنا نلاحظ الآن أن كل ما ورد في ذلك الفصل من بواعث التغيرات محدود التأثير . كيف إذن نفسر معدل التطور الذي جرت به الأمور ؟ وللإجابة على ذلك السؤال لابد أن نطرق سبيلاً جديداً .

الأشعة الكونية

عندما اكتشفت اشعاعات الراديو في العقد الأخير من القرن التاسع عشر أخذ العلماء يصممون مختلف الأجهزة لرصد تلك الاشعاعات . ولشد ما دهشوا حين لاحظوا أن أجهزةهم ترصد اشعارات من مصدر مجهول ، حتى لو لم يكونوا على مقربة من أي مواد مشعة (بقدر علمهم في ذلك الحين) . بل انهم لاحظوا انه حتى بتغطية الأجهزة بالواح من الرصاص - ومادة الرصاص لا تخترقها الاشعاعات بكافة الأنواع المعروفة آنذاك - استمرت الأجهزة ترصد اشعاعات .

المسألة إذن لا تتعلق بإشعاعات مجهولة المصدر فحسب ولكنها تتميز بأنها ذات قدرة فائقة على الاختراق ، وبالتالي ذات طاقة أكبر من أي نوع آخر من الاشعاعات ، بل انها أكثر فعالية من أشعة جاما المنبعثة من بعض المواد المشعة ، وأشعة جاما تفوق الأشعة السينية في طاقتها .

وقد ساد وقتذاك اعتقاد بأن مصدر ذلك النسوع الجديد من الاشعاعات هو مواد ذات قدرة إشعاعية خارقة وموجودة في الأرض . وللتأكد من ذلك واثت الفيزيائي النمساوي فيكتور فرانز هيس (١٨٨٣ - ١٩٦٤) فكرة أن يحاول قياس الاشعاعات من الجو ، وذلك بأن يضع

أجهزته في منطاد • وكان يتصور أنه كلما ازداد ارتفاع المنطاد عن الأرض ضعفت شدة الإشعاع •

وبدا هيس في عام ١٩١١ في إجراء عشر تجارب تحليل بالمنطاد - خمس تجارب نهائية وخمس ليلية - لقياس الإشعاعات ، وقد أجرى واحدة من تجاربه النهارية في يوم شهد كسوفاً كاملاً للشمس • وقد دهش أن نتيجة هذه التجارب جاءت على عكس توقعه تماماً ، إذ كلما ارتفع بالمنطاد ازدادت شدة الإشعاعات • المصدر إذن في السماء وليس في الأرض ، والأغرب من ذلك أنه اكتشف أن الشمس لا علاقة لها بذلك ، حيث ظلت شدة الإشعاعات واحدة سواء بالنهار أو الليل •

وقد لاحظ هيس وغيره - بما لديهم من إمكانات - أن الإشعاعات ترد بمقدار متساو من كافة الاتجاهات في السماء • ولما كانت هذه الإشعاعات تنبعث من الكون بصفة عامة أطلق عليها الفيزيائي الأمريكي روبرت اندروز ميليكان (١٨٦٨ - ١٩٥٣) اسم « الأشعة الكونية » ولم يتغير الاسم منذ ذلك الحين • وخلص ميليكان إلى أن الأشعة الكونية هي نوع جديد من الأشعة الكهرومغناطيسية مثل الأشعة الضوئية العادية •

وتتسم الأشعة الكهرومغناطيسية بأنها تنتشر على هيئة موجات ، وكلما صغرت الموجات (أى كلما قل طول الموجة) ازدادت شدة الشعاع ، ويتميز الضوء المرئي بأنه يتكون من أشعة ذات موجات قصيرة جداً تتباين أطوالها بحسب ألوان الطيف المكونة للضوء • ويتصدر اللون الأحمر ألوان الطيف من حيث طول موجاته ومن ثم فهو أقلها شدة ، ثم يقل طول الموجات وتزداد الشدة تدريجياً من اللون الأحمر إلى البنفسجى ، ثم الأصفر فالأخضر فالأزرق وأخيراً البنفسجى •

وتتميز الأشعة فوق البنفسجية بأن طول موجاتها يقل عن طول موجات الأشعة البنفسجية ، ومن ثم فهي تفوق في شدتها أى نوع من أنواع الضوء المرئي • وتنتقل قائمة الموجات من أقصر إلى أقصر فتأتى بعد الأشعة فوق البنفسجية الأشعة السينية ثم أشعة جاما وتليها - وفقاً لدراسات ميليكان - الأشعة الكونية ، والتي عرفها بأنها أشعة جاما فوق القصيرة ، ومن ثم فهي تفوق أشعة جاما من حيث الشدة والقدرة على الاختراق •

غير أن الفيزيائي الأمريكي ارثر هول كومتون (١٨٩٢ - ١٩٦٢) كان له رأى آخر مفاده أن الأشعة الكونية عبارة عن جسيمات دقيقة من

مركبات الذرة. بالغة السرعة وتحمل شحنات كهربية • أما طاقتها
فستستمد من « كمية التحرك » التي تعتمد على كتلتها وسرعتها •

وكان لكل رأى مبرره بما يرسخ الاختلاف في وجهات النظر •

فلو كانت الأشعة الكونية اشعاعات كهرومغناطيسية فستكون
خالية من الشحنات الكهربائية وبالتالي لن تتأثر بالمجال المغناطيسي
للأرض ، ومن ثم ستسقط بنفس الكيفية في أى بقعة من الأرض على
اعتبار انها منبعثة بشكل منتظم من السماء كلها •

أما لو كانت الأشعة الكونية تحمل شحنات كهربية فهي ستتأثر
بالمجال المغناطيسى للأرض • وذلك من شأنه أن يجعلها تميل في مسارها
صوب القطبين المغناطيسيين • غير أن ما تتسم به جسيمات الأشعة الكونية
(لو صح ذلك الرأى) من طاقة عالية يضعف كثيرا ذلك التأثير وبالتالي
يكون الانحراف محدودا • ولكن طبقا لحسابات كومتون لا بد أن يكون
ذلك الانحراف ملموسا ، وانه كلما ابتعد الشعاع المنحرف عن خط
الاستواء ، سواء الى الشمال أو الجنوب ، ازدادت القوة التصادية
للشعاع الكونى •

وفي عام ١٩٣٠ تحول كومتون الى رحالة يجوب أنحاء العالم سعيا
الى اثبات نظريته الى أن تمكن بالفعل من تحقيق هدفه • فقد أثبت انه
كلما ابتعد خط العرض عن خط الاستواء ازدادت شدة الشعاع
الكونى • ومن ناحية أخرى ظل ميلكان متشبثا بنظريته ، الا أن العالم
بدأ شيئا فشيئا يميل الى نظرية كومتون • ولقد ترسخ في العلم الحديث
ذلك التوصيف للأشعة الكونية ، وصار معروفا أنها تتكون في معظمها
من مكونات ذرية تحمل شحنات كهربية موجبة أغلبها نويات هيدروجين
ونويات هليوم بنسبة ١٠ الى ١ ، ثم عدد ضئيل من نويات متفادنة
الثقاة حتى انها لتضم بعض نويات الحديد ، ويشبه توزيع النويات في
الأشعة الكونية توزيع العناصر في الكون •

لا غرابة إذن في أن الأشعة الكونية تتسم بذلك القدر من الطاقة
وتلك القدرة على الاختراق ، فجسيماتها تتحرك أسرع كثيرا من الجسيمات
المماثلة الناشئة على الأرض ، أو بالقرب منها ، بما فيها تلك المنبعثة
من المواد المشعة ، وبقياس السرعة القصوى لتحرك جسيمات الأشعة
الكونية وحد أنها تقل قليلا عن سرعة الضوء التي تعد أقصى سرعة على
الاطلاق لأي شيء في الوجود له كتلة •

وثمة علاقة قوية بين وجود جسيمات الأشعة الكونية والتطور

البيولوجى • فهذه الجسيمات بما لها من طاقة من شأنها أن تحدث تفاعلات احيائية وهو ما يحدث بالفعل •

ولا وجه للمقارنة بين كمية جسيمات الأشعة الكونية المرتبطة بالأرض وكمية الأشعة فوق البنفسجية أو الأشعة السينية المولدة من جهاز أو الاشعاعات المنبعثة من المواد المشعة • وإذا كان بوسع المرء أن يتلافى التعرض لأشعة سينية أو لاشعاعات المواد المشعة ، بل وأن يتجنب الأشعة فوق البنفسجية بأن يقف على سبيل الشمال فى الظل ، فما من وسيلة بسيطة للفكاك من التعرض لجسيمات الأشعة الكونية •

وقد يلجأ شخص الى الاحتماء فى منجم تحت سطح الأرض ، أو يعيش فى فقاعة كبيرة فى قاع بحيرة عميقة ، أو يحيط نفسه بجدار سميك من الرصاص يبلغ سمكه عدة أقدام ، الا أن الغالبية العظمى من الكائنات الحية لا تلجأ ، ولم يسبق لها أن لجأت ، الى أى من تلك الاستراتيجيات •

وإذا كانت الكائنات الحية ، على مدى بلايين السنين ، قد حكمتها الصدفة فى تعرضها للأشعة الكهرومغناطيسية الشديدة أو لاشعاعات الراديو أو كيمائيات التفاعلات الاحيائية ، فإن تعرضها لجسيمات الأشعة الكونية كان منتظما ومتصلا ليل نهار وفى أى مكان على الأرض • علاوة على أن معظم الاشعاعات العادية الواردة من الشمس ، أو السماء بصفة عامة ، كان يمتصها الغلاف الجوى ومياه البحار والمحيطات ما عدا جسيمات الأشعة الكونية •

والواقع أن جسيمات الأشعة الكونية لاتصل الى الأرض بنفس هيئتها فى الفضاء ، حيث تسمى « اشعاعات أوليه » ، فهى بصطلم فى تحركها بالذرات والجزيئات الموجودة فى الغلاف الجوى فتقل سرعتها وتنتص فى نهاية الامر ، غير انها تقرع أيضا ، بخلاف الذرات والجزيئات ، جسيمات ذات طاقة عالية (الاشعاع الثانوى) • وتلك هى التى تصل بصورة أو بأخرى الى الأرض ، وتخترق بعمق الأرض والبحار ، مع كونها فى نفس الوقت ذات قدرة عالية على احداث التفاعلات الاحيائية •

ولعلنا نستدل من ذلك على أن القصف المتصل الذى تعرضت له شتى صور الحياة على مدى عمرها ، من جسيمات الأشعة الكونية لايد أنه كان على درجة من اللين تنمى للكائنات الحية أن تعيش حياة مريحة ، وفى نفس الوقت على درجة من الشدة تزيد من معدل التفاعلات الاحيائية . يقدر يفوق ذلك الناجم عن مجرد الاعتماد فى عملية التناسخ ، على الخلل

العشوائي أو بواعث التغيرات الأخرى الأقل شيوعاً ، أو التي يمكن تلافيها
أكثر من جسيمات الأشعة الكونية .

ويعت ذلك على الاعتقاد بأن جسيمات الأشعة الكونية دون سواها ،
كان لها الفضل في دفع معدل التغيرات الاحيائية ، وبالتالي تنشيط
عملية الانتخاب الطبيعي منا جعل التطور يمضي بالسرعة التي جرى بها .
الفضل اذن في نشأة الانسان يرجع الى جسيمات الأشعة الكونية التي
لولاها لما أسفر معدل التطور عن نشأة كائن حي على الأرض يتجاوز
في تعقيد تركيبته مجرد الكائنات اللودية البحرية .

ولكن من أين تأتي الأشعة الكونية ؟

لما كانت تلك الأشعة تنبعث من كل السماء ، فلا مجال لأن تكون
ذات صلة بحسم واحد ، أو مجموعة أجسام بعينها هنا أو هناك
ولا يمكن أن نفترض أن دفعة من جسيمات الأشعة الكونية تصدر من
جسم ما بالسماء ، يقع قريباً من المكان الذي يتخيل المرء أنها
تنبعث منه .

ومن طبيعة الأشعة الكهرومغناطيسية أنها تنتشر في خط مستقيم
(إلا لو مرت بجوار جسم ثقيل فيعيد مسارها بانحناء ضئيل للغاية) .
وذلك يعني أن المرء لو رأى شعاعاً ضوئياً فسيجد مصدره في نفس اتجاه
لظره ، بمعنى آخر ، أنه لو رصد نجماً عن طريق الضوء الذي يشعه
فسيجد أنه ينظر الى النجم ذاته اذا وجه بصره تجاه الضوء . ويرى الناس
أن مسألة انتشار الضوء في خط مستقيم مسألة بدئية حتى انه لو قيل
ان « النجم يقع في المكان الذي يرى فيه » لأحسوا أن تلك مقولة جوفاء
فاين سيقع اذن ؟

وبخلاف الضوء ، فإن أى صورة أخرى من صور الاشعاعات
الكهرومغناطيسية تصدر من نفس الموقع الذي ترى العين انه يرد منه .
وذلك أيضاً أمر أكيد لا لبس فيه .

أما الجسيمات التي تحمل شحنات كهربية فهي لا تسير في خط
مستقيم ، فهي تتأثر بالمجالات المغناطيسية ، وكم هو زاحل الكون بالمجالات
المغناطيسية ! فكل نجم له مجال مغناطيسي ، وكثير من الكواكب كذلك ،
والمجرة ككل لها مجالها المغناطيسي ، ومن ثم فإن مسار جسيمات الأشعة
الكونية فيما بين الكواكب مسار بالغ التعقيد حيث يتأثر بكل المجالات
المغناطيسية التي يمر بها .

وذلك يعني أن اتجاه اقتراب الأشعة الكونية في نهاية رحلتها الى

الأرض لا يدل على المسار الذي اتخذته عندما كانت على بعد بضعة سنوات ضوئية ، ويمكن تشبيه ذلك بطائر يراه المرء مقتربا في مسار ما ، ولو مبع ذلك المسار في عكس اتجاه الاقتراب لانتهى المال الى شجرة ، ولكن ما من دليل يفيد بأن ذلك الطائر قادم من تلك الشجرة ، فقد يكون قد غير اتجاهه عشرات المرات خلال تحليقه .

ولما كان لكل واحد من جسيمات الأشعة الكونية مثل ذلك المسار المعقد ، فلا غرابة في أن نشعر بأنها واردة من كل نقطة في السماء ولا مجال لأن نتبع أى مسار لنعرف مصدره .

ولكننا على علم تام بأن جسيمات الأشعة الكونية تتميز بطاقة جبارة ، وأنه أيا كان مصدرها فلا بد وأنه شيء بالغ الشدة ، فلا مجال لانبعث جسيمات ذات طاقة كبيرة من مصدر يتسم بالهدوء .

ولا خلاف في أن الشمس هي أكثر أجرام المجموعة الشمسية مورا ، وأن اللهب هو أكثر الظواهر فورانا على سطح الشمس ، فهل فوران اللهب الشمسي مستعر بدرجة تكفي لانتاج جسيمات الأشعة الكونية ؟

ذاك سؤال لم ينل حظه من البحث وإن كانت اجابته قد فرضت نفسها على العلماء .

فقد حدث في منتصف فبراير من عام ١٩٤٢ أن رصد لهب شمسي ضخم في منتصف صفحة الشمس ، بما يعنى أنها كانت تفلظ حمما صوب الأرض مباشرة . وسرعان ما تم رصد موجة ضعيفة نسبيا من جسيمات اشعة كونية ، وكان اتجاه مسار تلك الجسيمات يصل الى الشمس مباشرة . ويمكن في هذه الحالة اعتبار الشمس مصدر الجسيمات ، اذ بالنظر الى المسافة الضئيلة التي تفصل بين الأرض والشمس ، فلا وقت ولا مجال لأن تغير الجسيمات المنطلقة بسرعة هائلة من اتجاهها بشكل ملموس .

ومنذ ذلك الحين تكرر وصول موجبات « خفيفة » من جسيمات الأشعة الكونية في اعقاب كل توهج هائل يظهر في موقع ملائم من سطح الشمس .

لم يعد هناك غموض اذن وأصبح الأمر واضحا . فالرياح الشمسية عبارة عن موجة من النويات المنطلقة من الشمس ، ومعظمها نويات هيدروجين وهليوم ، وهذه النويات ذات طاقة هائلة تجعلها تتحرك بسرعة مئات الكيلومترات في الثانية . ومن ناحية أخرى فإن التوهجات الشمسية تبعث من أكثر الظواهر العنيفة التي يشهدها سطح الشمس .

وهي تعصف بالرياح الشمسية فتكسب الجسيمات المزيد والمزيد من السرعة ، وهذا يعني ان التوهجات الشمسية لو اتسمت بقدر كاف من الشدة ، وكانت الرياح الشمسية منطلقة بسرعة كافية ، فان جسيماتها تصبح اشعة كونية .

وتماثل جسيمات الأشعة الكونية جسيمات الرياح الشمسية مع غارق واحد هو تميزها بقدر أكبر من السرعة والطاقة . ويذكرنا ذلك بالفارق الوحيد أيضا بين الأشعة السينية والموجات الضوئية ، وهو ان الأشعة السينية تتميز بقصر موجاتها وزيادة طاقتها مقارنة بالضوء .

يتضح من ذلك ان الشمس في أفضل الأحوال ، لا تنتج الا موجات عارضة من جسيمات الأشعة الكونية وتنسم بدرجة دنيا في مرتبة الطاقات . اما الحصول على اشعة كونية بقدر أكبر من الطاقة وبكميات هائلة تكفي المجرة بأسرها ، فلا بد له من مصادر أعنف كثيرا من مجرد شمس في منتصف عمرها .

ولعلنا ننتقل الآن الى الانفجارات السوبرنوبا باعتبارها أعنف الظواهر الكونية . ومثل تلك الانفجارات من شأنها منطقيا أن تطلق في كل اتجاه موجة ضخمة من الرياح الفضائية ذات الطاقة الهائلة ، وان هي الا جسيمات اشعة كونية .

وتنتطلق تلك الجسيمات في شبه الفراغ الفضائي دون عائق يقلل من سرعتها . وعندما تصادف مجالا مغناطيسيا ، فانها تميل في منحنيات قد تزيد سرعة فتترب من سرعة الضوء ، وكلما ازدادت طاقة الجسيمات قل تأثيرها بالمجالات المغناطيسية وتضائل بالتالي انحرافها عن المسار المستقيم ، بل قد لا يعوقها شيء عن الاسراع الى خارج المجرة كتنتطلق بين المجرات في فضاء أكثر فراغا .

ولا يشمل ذلك المصدر كل جسيمات الأشعة الكونية . فالعديد منها يصطدم خلال رحلتها الطويلة ، بأجسام أخرى قد تكون ذرة هائلة ، أو حبة غبار تسبح في فضاء المجرة ، أو نجما ، أو شيئا ما بين ذلك وذاك مثل الأرض .

ولقد حدث من الانفجارات السوبرنوبا على مدى تاريخ المجرة ما حمل الفضاء بنسبة كافية من جسيمات الأشعة الكونية ، مما يجعل الأرض تتعرض في كل ثانية لأن يقرعها عدد هائل من تلك الجسيمات الواردة من كل اتجاه . وإذا كانت نسبة من جسيمات الأشعة الكونية الناتجة عن الانفجارات السوبرنوبا الواقعة في مجرتنا ، قد أقلت الى خارج المجرة ، فلا بد انه يرد اليها من المجرات الأخرى ما يكفي ذلك .

ويقودنا ذلك في النهاية الى القول بان الانفجارات السوبر نوبا لم تقتصر نتائجها على مجرد توفير المواد الخام التي تكونت منها الأرض والمادة الحية ، وتوفير الحرارة التي حالت دون أن تتكثف قبل أوانها السحب التي تكونت منها المجموعة الشمسية ، وتوفير الموجة التضاممية التي أتاحت الفرصة للتكثيف ، بل انها وفرت كذلك القوة الدافعة للتغيرات التطورية التي ارتقت بالحياة على الأرض تدريجيا من صورتها البسيطة الى صور أعقد وأعقد ومنها بطبيعة الحال الانسان .

الانفجارات السوبر نوبا هي اذن بواثق عملاقة في الفضاء وسنذانات هائلة تعمل على افراز المادة ، ثم يوفر انتاجها البيئة التي أتاحت للحياة ، ولو لمرة واحدة ، أن تنشأ وترتقى .

المستقبل

المجال المغناطيسي للأرض

ان كل ما تدارسناه حتى الآن من تأثير الانفجارات السوبر نوبا على الجنس البشرى ليبدو في صالحه تماما . ولكن هل يمكن أن يكون من شأن تلك الانفجارات أن تلحق ، بشكل ما ، وفي وقت ما ، ضررا بالانسان ؟ هل هناك احتمال بأن تهدد البشرية ؟ أو تهتدد الحياة بأسرها ؟

ان الانفجار السوبر نوبا يولد قدرا من الطاقة يعد فتاكا بالنسبة للكواكب القريبة منه في اطار المجرة . فلو أن الشمس مثلا تحولت الى سوبر نوبا لن يقتصر الأمر على فناء كل صور الحياة على الأرض في غضون دقائق فحسب ، بل ان الأرض نفسها ستتبخّر . ان مجرد اقتراب الشمس من مرحلة النوبا كقيل بان يعرض الأرض للجذب .

ولكن ذلك احتمال غير وارد ، على نحو ما أوضحنا سالفا . فشمسنا لا تتسم بكتلة ضخمة وليست طرفا في نجم مزدوج ، وبالتالي ليس ثمة احتمال قريب أو بعيد لأن تتحول الى نوبا أو سوبر نوبا ، بل سيكون من شأنها مستقبلا أن تتحول الى عملاق أحمر ثم تنقبض وتتحول الى متقزم أبيض . غير أن ذلك لن يحدث قبل مضي خمسة أو ستة بلايين سنة من الآن . وحتى ذلك الحين ستبقى الشمس على حالها الا لو تعرضت على غير توقع لاصطدام كلى أو جزئى مع نجم آخر وذلك من شأنه أن يهدد الحياة بصفة عامة .

وبخلاف الشمس ، هل ثمة احتمال أن يتعرض الإنسان للخطر من جراء انفجار نجم آخر ؟ ان أقرب نجسوم من شأنها أن تتحول الى سوبر نوبا تبعد عن الأرض بما يربو على مائة فرسخ . ولو حدث أن انفجر أحد تلك النجوم قريبا ، فمن المستبعد أن يقع ما يشكل تهديدا حقيقيا للبشرية ، وأقصى ما نتوقسه أن يسفر ذلك عن بعض الآثار الضارة صحيا .

ولو نظرنا الى الماضي فسنجد أن ما شهدته التاريخ من انفجارات سوبر نوبا لم يلحق ضررا بالأرض . فعل حد علمنا ، لم تتأثر الحياة على الأرض بالسوبر نوبا التي أسفرت عن تكوين سديم العقرب ولا بسوبر نوبا فيلا الذي كان قريبا بدرجة أتاحت رؤية بريقه وهو كالبرد لبضعة أيام .

أما ما نتوقه فعلا من تأثير مباشر نتيجة انفجار سوبر نوبا بعيد ولكن شديد بدرجة كافية ، فهو ما سيسفر عنه من أشعة كونية . ويميدنا ذلك مرة أخرى الى الأشعة الكونية .

ان مقدار ما تجلبه الأشعة الكونية من طاقة الى الأرض لكبير بدرجة تبث على الدهشة . فهو يساوى على وجه التقريب ، مجموع الطاقة المستمدة من ضوء كل نجوم السماء باستثناء الشمس . ورغم أن عدد جسيمات الشعاع الكوني الواحد يقل كثيرا عن عدد الفوتونات الضوئية في الشعاع الوارد من النجوم الا أن طاقة الجسيم الواحد في الشعاع الكوني تتجاوز بكثير طاقة الفوتون وهذا ما يحقق المعادلة .

ويتسم سقوط جسيمات الأشعة الكونية على الأرض بالانتظام بصفة عامة (باستثناء تلك الحالات العارضة والمؤقتة التي تتعرض فيها الأرض لموجة اضافية طفيفة من الجسيمات الناجمة عن توهج شمسي عارض) . ولكن لو افترضنا أن ذلك المعدل ، لسبب أو لآخر ، ارتفع بشكل ملحوظ ، ودام لفترة من الزمن فهل يكون ذلك مصدر ضرر ؟

والاجابة : نعم !

ان جسيمات الأشعة الكونية تحدث تغيرات احيائية ، وتلك تعد ضرورية من أجل أن يخضع التطور بمعدل معقول . غير أن معظم التغيرات الاحيائية تأتي بنتائج ضارة . وهنا يأتي دور الانتخاب الطبيعي ، فيمسح الحياة والانتصار للحالات القليلة التي يكون فيها التغير الاحيائي للأفضل ، بينما تؤزل معظم التغيرات المظرة الى الفناء . غير أن ذلك لا يتم بدون تزلزله . يجب علينا ، على الأخص أن نكون النتيجة وجود نسبة من الخلائق تعاني من عيوب تعوق حياتها الطبيعية .

كل ذلك يحدث في ظل ظروف طبيعية ، ولكن ماذا لو كانت الظروف غير طبيعية ؟ ماذا لو زادت شدة الأشعة الكونية وتجاوزت بكثير المعدل الطبيعي وبقيت على هذا الحال لفترة من الزمن ؟ في هذه الحالة سيزيد معدل التفتت والتأين وبالتالي اللعب الجيني . وقد يحدث أن يكون اللعب الجيني ثقيلًا بدرجة تجعل مجتمع جنس من الأجناس ينهار سريعاً ، ولا تقوى التغيرات السليمة على مقاومة ذلك الانهيار ، فينتهي الحال بهذا الجنس إلى الفناء . وقد يتعرض عدد من الأجناس للفناء في نفس الوقت تقريباً ،

ولكن هل يمكن أن يزيد مستوى شدة الشعاع الكوني لسبب آخر خلاف وقوع انفجارات سوبر نوفا قريباً من الأرض ؟

نعم ، قد يحدث أن يرتفع ذلك المستوى بدرجة ملموسة . وفي الواقع ، قد نشهد فعلاً على مدى الألف سنة القادمة زيادة لا مفر منها ، حتى لو لم نتعرض لأنوار انفجارات سوبر نوفا . ولعلنا نعود إلى الوراء قليلاً لنشرح ذلك .

تعرض الأرض باستمرار لسقوط جسيمات الأشعة الكونية ولكن جانباً من الجسيمات لا يصطدم بها . فالأرض لها مجال مغناطيسي ، وذلك أمر معروف منذ عهد الفيزيائي الانجليزي وليام جيلبرت (١٥٤٤ - ١٦٠٣) الذي نشر في عام ١٦٠٠ كتاباً وصف فيه التجارب التي أجراها على كرة مغناطيسية . لقد أوضح أن أي بوصة يقربها من الكرة المغناطيسية تتعرض لبرتها لنفس التأثير الذي ستعرض له بجوار الأرض ، مما يعني أن الأرض تعد (بشكل ما) كرة تحتوي على مواد مغناطيسية .

ولو حاولنا تجسيد المجال المغناطيسي للأرض ، عن طريق توصيل خطوط بين النقاط ذات قوة الجذب المتساوية لحصلنا على مجموعة من « خطوط القوى المغناطيسية » . وتبدأ كل تلك الخطوط وتنتهي عند نقطتين على سطح الأرض ، واحدة على حافة أنتاركتيكا (القطب المغناطيسي الجنوبي) وواحدة على حافة أمريكا الشمالية (القطب المغناطيسي الشمالي) . ثم تتبع الخطوط وتتخذ شكل منحنيات منتظمة متتالية تقع قمتها في منتصف المسافة بين القطبين .

ولابد لأي جسيم يحمل شحنة كهربائية ومتجه من الفضاء إلى سطح الأرض أن يخترق خطوط القوى المغناطيسية هذه ، مما يشكل استنزافاً للطاقة ، فتقل سرعة ذلك الجسيم . أما إذا لم يكن الجسيم متجهاً بشكل عمودي على سطح الأرض ، فإنه يتعرض عند دخوله المجال المغناطيسي للانحراف في اتجاه خطوط القوى المغناطيسية ، ويكون ذلك الانحراف

فى اتجاه الشمال لو وقع شمال خط الاستواء المغناطيسى وصوب الجنوب
لو وقع جنوبه •

وكما قل مقدار طاقة الجسم اذداد انحرافه • أما لو قل مقدار
الطاقة بدرجة كبيرة ، فان الجسم يتخذ مسارا موازيا لخطوط القوى
المغناطيسية ، ثم يتحرك صوب الغلاف الجوى عند أحد القطبين
المغناطيسيين •

غير أن جسيمات الأشعة الكونية تنسم بقدر وفير من الطاقة ،
مما يحد كثيرا من انحرافها عند دخولها المجال المغناطيسى للأرض • ولكن
قد يحدث أن تقترب بعض الجسيمات فى اتجاه مماس لدائرة الأرض ،
فى هذه الحالة ينحرف مسار تلك الجسيمات تماما وتضيق ، أما الجسيمات
التي تقترب من الأرض بزاوية ميل متوسطة ، ولولا المجال المغناطيسى
لسقطت فى المناطق الاستوائية والمعتدلة الزاخرة بالحياة ، فانها تنحرف
لتقرع المناطق القطبية القاحلة •

المجال المغناطيسى للأرض اذن يقلل من تأثير جسيمات الأشعة
الكونية على الحياة ، يقللها بدرجة تمنع الضرر ولكن لا تحول فى نفس
الوقت دون أن تؤدى دورها المثمر بالنسبة للتطور والارتقاء •

ومن ناحية أخرى ، كلما قلت شدة المجال المغناطيسى ضعفت
قدرته على تغيير مسار جسيمات الأشعة الكونية ، وبالتالي يزداد تأثير
تلك الأشعة على سطح الأرض ، لاسيما عند خطوط العرض القريبة من
خط الاستواء •

والواقع أن مقدار شدة الجاذبية الأرضية ليس ثابتا ، فمنذ أن بدأ
العلماء قياس قوة الجاذبية الأرضية فى عام ١٦٧٠ انخفض مقدارها
بنسبة ١٥ فى المائة ، ولو استمر التناقص بهذه النسبة فانها ستتلاشى
فى غضون أربعة آلاف سنة •

ولكن هل من الوارد أن يستمر انخفاض قوة الجاذبية ؟ يبدو
للهولة الأولى أن ذلك أمر مستبعد ، والأرجح أن تتذبذب شدة المجال
المغناطيسى ، فتتخفض وتستمر فى الانخفاض حتى تصل الى حد أدنى -
قيمه لا تزال كبيرة - ثم تقوى وتقوى الى أن تصل الى حد أقصى دون
تطرف ثم تعيد الكرة •

ويبدو أن الوسيلة الوحيدة التي تمكننا من التعرف على ما يجرى
هى مواصلة قياس شدة الجاذبة لبطء آلاف من السنين ، ولكن بما أن
الظاهرة تتكرر بشكل دورى فليست هناك مدعاة لذلك •

وتتسم بعض المعادن المكونة للقشرة الأرضية بخصائص مغناطيسية ضعيفة ، وعندما تبرد الحمم التي تفيض بها البراكين وتتحول من السائل الى الصلب ، تتخذ المعادن هيئة بلورية وتترتب في اتجاه خطوط القوة المغناطيسية الأرضية . بل ان كل بلورة يكون لها قطب شمالي يتجه نحو الشمال وقطب جنوبي يتخذ الاتجاه المعاكس (ويمكن تمييز القطب الشمالي من الجنوبي في البلورة باستخدام مغناطيس عادي) .

وفي عام ١٩٠٦ وبينما كان الفيزيائي الفرنسي برنار برونسن (١٨٦٩ - ١٩٣٠) يخصص بعض الصخور البركانية لاحظ أن البلورات في بعض الحالات مغنطة في عكس اتجاه المجال المغناطيسي العادي ، أي أن القطب الشمالي يواجه الجنوب والقطب الجنوبي يواجه الشمال . وقد أهمل الأمر في البداية حيث بدا بلا سبب مفهوم . ولكن بمرور الوقت اتضحت حقائق أخرى بحيث لم يعد هناك مجال لعدم الاعتراف بهذه الظاهرة أو لإهمالها .

لماذا إذن تتخذ بعض الصخور اتجاهها « خاطئاً » ؟ لأن المجال المغناطيسي للأرض يتخذ في بعض الأحيان اتجاهها وفي أحيان أخرى اتجاهها معاكساً . والصخور عند تبلورها تتخذ نفس اتجاه المجال المغناطيسي الذي تكون عليه الأرض في ذلك الوقت . وعندما ينقلب اتجاه المجال المغناطيسي لا تتوفر له الطاقة على قلب الاتجاه المغناطيسي للبلورات فتبقى على اتجاه معاكس .

ولقد تدارس العلماء في الستينيات من القرن العشرين الخصائص المغناطيسية لقاع البحار ، واكتشفوا أن قاع المحيط الأطلسي اتسع الى رقعته الحالية اثر تفجر مواد منصهرة من بطن الأرض بطول الحدود بامتداد الخط الأوسط المركزي للمحيط ، والصخور القريبة من الحدود هي أحدث صخور تحولت الى الحالة الصلبة ، وكلما ابتعدنا عن الحدود في كلا الاتجاهين ازدادت الصخور قدماً . وبدراسة الخصائص المغناطيسية ، اكتشف العلماء أن الاتجاه المغناطيسي للصخور ينقلب الى العكس بعد مسافة من الصدع ، ثم يعود الى وضعه بعد مسافة أخرى ، ثم ينقلب ثم يعود وهلم جرا . وبقياس عمر الصخور تبين أن المجال المغناطيسي يعكس اتجاهه على فترات غير منتظمة . وأحياناً تقل فترة التحولات العكسية الى خمسين ألف سنة وأحياناً تزيد حتى تفصل الى عشرين مليون سنة . ويعزى ذلك فيما يبدو الى أن المجال المغناطيسي يضعف تدريجياً الى أن تفصل شدته الى صفر ويستمر بالسالب ، أي انه يعكس اتجاهه وبشدة تدريجياً في الاتجاه الجديد لصل الى حد أقصى ، ثم يقل مرة أخرى حتى الصفر ويعكس الاتجاه وهلم جرا .

يدققنا ذلك الى التساؤل ما الذى يجعل المجال المغناطيسى يشتد ثم يضعف بمثل هذا المنوال غير المنتظم ويغير اتجاهه كلنا من بالصفحة ؟
لم يتوصل العلماء بعد الى اجابة لهذا السؤال وان كانوا على يقين من أن الأمر يتكرر بنفس الطريقة .

وفي الوقت الراهن ، فإن المجال المغناطيسى للأرض يقترب من مثل ذلك التحول العكسى ، وتفيد التقديرات ، على نحو ما ذكر آنفا ، بأنه سيقع نحو عام ٤٠٠٠ . وتتنسم القرون القليلة التى تسبق ذلك التحول العكسى ، وتلك التى تليه ، بأن المجال المغناطيسى يكون ضعيفا بدرجة لا تتيح تغيير اتجاه جسيمات الأشعة الكونية بشكل ملموس .

ومع اشتداد المجال المغناطيسى وضعفه يقل سقوط الأشعة الكونية أو يزداد ، حيث يصل معدل سقوط الأشعة الى حده الأدنى عندما يكون المجال المغناطيسى فى ذروة شدته ، بينما يصل معدل السقوط الى أقصاه عندما تكون شدة المجال المغناطيسى صفرا .

وعندما تكون شدة المجال المغناطيسى صفرا ، ويكون معدل سقوط الأشعة الكونية فى ذروته ، فإن معدل التغيرات الاحيائية والعصب الجيبي يكون أيضا فى أقصى درجاته . وتلك هى الفترة التى تكون فيها الظروف مهيأة أكثر من أى وقت آخر لفناء بعض الأجناس .

الاندثارات العظمى

شهد تاريخ الحياة على الأرض ، اندثار نوعيات عديدة من الأجناس ، إلا أن تلك العملية لم تخضع لأى نظام معين . وقد اكتشف علماء الباليونتولوجيا لدى دراسة تاريخ الحفريات ، أن بعض العصور شهدت معدلات حادة لفناء الأجناس . وقد لاحظوا أن معظم الكائنات الحية فى تلك العصور تفتى فيما يبدو فى وقت قصير نسبيا .

وقد سميت تلك الفترات « بالاندثارات العظمى » . ويرجع تاريخ أفضل واحدة من تلك الفترات من حيث توافر المعلومات عنها ، الى نحو ٦٥ مليون سنة ، حينما كانت السيادة فى الأرض للزواحف العملاقة ، بما فيها الكائنات العديدة المعروفة باسم « الديناصورات » وأنواع أخرى من الكائنات الحية التى اندثرت كلها فى فترة زمنية وجيزة .

فهل تحدث تلك الاندثارات العظمى فى الأوقات التى تنعدم فيها المجالات المغناطيسية ؟ وهل نحن مقبلون على واحدة من تلك الفترات فى عام ٤٠٠٠ ؟ وهل لن يطول عمر الانسان الى أبعد من ذلك ؟

تلك مسألة لاتبعث بالضرورة على الانزعاج ، صحيح انه ليس لدينا ما يعيننا على دراسة ما حدث خلال التحولات العكسية للمجالات المغناطيسية التي جرت منذ ملايين السنين ، ولكننا نعلم أن عددا من تلك التحولات جرى على مدى بضع مئات الالف السنين الماضية ولم تصاحبها بالضرورة حالات اندثار حادة للأجناس . ومن ثم ليست هناك مدعاة لأن نتوقع حدوث مأساة « عبء جيني » في غضون ألفى سنة .

ولا غسرابة في ذلك . فمن طبيعة المجال المغناطيسي للأرض انه لا يصل الى مقدار بالغ حتى في ذروته . ومن ناحية أخرى تتسم جسيمات الأشعة الكونية بقدر فائق من الطاقة ، أى أن انحراف الجسيمات لا يكون بالغا حتى في قمة المجال المغناطيسي ، وبالتالي عندما تضعف شدة ذلك المجال أو تتلاشى ، فإن ارتفاع معدل سقوط الأشعة الكونية لا يكون ضخما .

ولكن ماذا يحدث لو أن معدل سقوط الأشعة الكونية ارتفع لسبب بخلاف المجال المغناطيسي للأرض ؟ ماذا يحدث لو أن سوبر نوبا انفجر مثلا في مكان قريب ؟ ان ذلك من شأنه أن يزيد بشكل مؤقت سيل جسيمات الأشعة الكونية الساقطة على الأرض ، ويمكن أن يؤدي ذلك الى حالات فتاء عديدة .

ولتوضيح ذلك فلنتخيل أن نجما سوبر نوبا ، لا يزيد بعده عن الأرض على عشرة فراسخ ، انفجر . انه سيتوهج بشدة تعادل ٦٠/١ من شدة بريق الشمس ، أى انه سيكون مضيئا أكثر من أى شيء آخر فى السماء بما فى ذلك القمر . ولو وقع فى الجانب المقابل للشمس بالنسبة للأرض لأضفى على الليل ضوء الشفق . وبفض النظر عن موقعه فى السماء فانه سيؤدى لفترة الى ارتفاع درجة الحرارة على الأرض بشكل كبير ، بما يسبب لنا المتاعب .

وأهم من ذلك ، فان معدل سقوط الأشعة الكونية سيتضاعف مئات ، بل آلاف المرات ، وسيستمر هذا الارتفاع الهائل لعدة سنوات . ان ذلك من شأنه أن يؤدي الى عواقب وخيمة على كافة الأصعدة ، أول هذه العواقب أن طبقة الأوزون ستضعف فتتهدد الفرصة لسقوط مزيد من الأشعة فوق البنفسجية على سطح الأرض ، وقد يكون لذلك أثر فتاك لا يقل خطورة عن أثر جسيمات الأشعة الكونية ذاتها . ثانيا ، فان جانبا من النيتروجين والاكسجين فى الجو قد يتحد ويكون أكسيد النيتروجين فى الطبقات العليا بما يحجب قدرا من الضوء المرئى ، فتكون النتيجة انخفاض درجة الحرارة بعد الارتفاع الأول ، ويقل أيضا معدل السقوط .

كل ذلك يفسح المجال لارتفاع كبير في معدل التغير الاحيائي وايضا
العيب الجيني .

ولو حدث ذلك في وقت ضعف المجال المغناطيسى للأرض فان
الآثار ستتفاقم بدرجة محدودة ، ولكنها ستكون في قمة الضرر . فهل
تكون الاندثارات العظمى نتيجة لتضافر الظروف بوقوع انفجار سوپر نوبا
قريب في وقت تلاشى المجال المغناطيسى ؟

ولكن بما انه ليس هناك نجوم معرضة للتحويل الى سوپر نوبا على
بعد عشرة فراسخ من الأرض ، فان ذلك الافتراض يفقد معناه . غير أن
الشمس وكل النجوم في مجرتنا دائبة الحركة حول مركز المجرة ولكن
بشكل غير متناسق . فالنجوم الأبعد من المركز تتحرك ابطأ من تلك
القريبة منه . وبعض النجوم (مثل الشمس) تتحرك في مسارات
دائرية وأخرى في مسارات بيضاوية ، بعضها يتحرك في المستوى العام
لدرب اللبانة والبعض الآخر يتحرك في مستويات تميل بدرجات حادة
على المستوى الرئيسى .

وفي هذا الاطار تقترب نجوم من نجوم ثم تبتعد عنها لتقترب من
مجموعة أخرى ويتكرر ذلك في كل مدار حول مركز المجرة . وبينما
تعدم تقريبا احتمالات اصطدام نجمين فانه من الوارد أن تقل المسافة بين
نجمين عن عشرة فراسخ . فالأرض تقع حاليا على بعد ١٣ فرسخ من
ألفا قنطوري وعلى بعد ٢٧ فرسخ من الشعرى اليمانية . غير أننا لم نكن
ولن نكون على مثل تلك المسافات على الدوام .

أبعت ذلك على الاعتقاد بأن الشمس في تاريخها الطويل ، اقتربت
مرارا من نجم تصادف تحوله الى سوپر نوبا ، وأن تكرار ذلك أمر وارد
في المستقبل ؟ وهل يكون من شأن مثل تلك الأحداث تهيئة المجال
لاندثارات عظمى ، لاسيما اندثار الديناصورات ؟

لقد ساد ذلك الاعتقاد بين العلماء في أواخر السبعينات من
القرن العشرين .

غير أن الفيزيائي الأمريكى والتر الفاريز اكتشف في عام ١٩٨٠
كمية فائقة من معدن الايريديوم النادر وذلك في طبقة صخرية
عمرها ٦٥ مليون سنة . وقد فسر ذلك باحتمال ارتطام كويكب كبير
بالأرض في ذلك الوقت ، مما اثار عاصفة ضخمة من الغبار في طبقات
الجو العليا حجبت الضوء عن الأرض لفترة طويلة من الزمن ، فأسفر ذلك
عن الاندثار العظيم الذي قضى على الديناصورات ، ويبدو أن الكويكب

كان غنيا نسبيا بالايديوم فاختلط مسحوق ذلك المعدن بالتراب واستقر معه على سطح الأرض بعد هدوء العاصفة .

ومنذ ذلك الاكتشاف اهتمدى العلماء الى عدد كبير من المعطيات المؤيدة لهذا الاحتمال . ولكن فى عام ١٩٨٣ توافرت معلومات تفيد ، على غير توقع ، بأن الاندثارات العظمى تحدث بشكل منتظم وتكرر على أزمان تتراوح بين ٢٦ و ٢٨ مليون سنة . وكان على علماء الفلك أن يبحثوا عن الأسباب المحتملة لتلك التكرارية طويلة الأمد .

ومن بين الاحتمالات المطروحة أن الشمس قد يكون لها قرين بعيد ولكنه ليس بحجم يتيح أن يكون له بريق فى مثل ضوء النجوم . وقد يكون ذلك القرين يسلك مدارا يستغرق ٢٧ مليون سنة ، وعند موقع معين فى ذلك المدار يقترب من الشمس بدرجة تجعله يمر وسط سحابة مكونة من مئات البلايين من المذنبات المتحركة فى مدارات تقع على بعد كبير خلف كوكب بلوتو ، وقد يكون من شأن مجال جاذبية ذلك القرين دفع مئات الآلاف من تلك المذنبات الى اتخاذ مدارات جديدة تحملها على الدخول فى المجموعة الشمسية . وقد يحدث أن يرتطم بعض تلك المذنبات بالأرض فتحدث عملية الإبادة الجماعية للأجناس .

وقد وقعت آخر حالة من الاندثارات العظمى منذ نحو أحد عشر مليون سنة ، وإذا صح احتمال الفناء بسبب ارتطام المذنبات بالأرض فذلك يعنى أن الواقعة القادمة لن تحل قبل مضى ستة عشر مليون سنة من الآن ، ليس إذن ثمة مدعاة للانزعاج حاليا .

ونخلص من ذلك بأن الانفجارات السوبر نوبا قد « برؤت ساحتها » من مسئولية الاندثارات العظمى (ما لم تظهر حقائق أو تفسيحات أخرى) . ولكن يبقى واردا أن أى انفجار سوبر نوبا عارض يقع قريبا نسبيا من الأرض سببعت على سقوط قدر من الأشعة الكونية من شأنه أن يؤدى الى فناء ما كان يحدث بدونها .

الفضاء

يشهد المستقبل القريب تخصيص ظروف ، من شأنها أن يكرس للأشعة الكونية قدر من الاهتمام يفوق كثيرا ما تحظى به حاليا .

ولنأخذ على سبيل المثال الرحلات الفضائية . فلقد صعد الانسان بالفعل الى الفضاء القريب حيث حلق على مشارف طبقات الجو العليا ، بل انه خرج لأبعد من ذلك حيث وصل الى القمر .

وعندما يتخذ رائد فضاء مدارا حول الأرض فانه يكون خارج مجال الحماية التي تكفلها طبقات الجو ، ولكنه مازال داخل المجال المغناطيسى للأرض ويعطى بوقايته من سيل جسيمات الأشعة الكونية الواردة من الشمس ومن مصادر أخرى فى الفضاء •

وحتى الآن لم يظهر أى أثر ضار على رواد الفضاء من جراء تعرضهم للظروف الفضائية • وحتى رواد الفضاء السوفيت الذين مكثوا فى الفضاء لمدة ثمانية أشهر متصلة يبدو أنهم لم يتعرضوا لأى مشاكل • (امتدت فترة بقاء أحدهم على مدى رحلتين خارج الغلاف الجوى الى عام كامل) •

اما المسافرين فى رحلة الى القمر والعودة منها ، فانه يخرج عن المجال المغناطيسى للأرض وعن الغلاف الجوى ، لاسيما وأن القمر لا يتوافر له أى منهما الا بقدر ضئيل • ومن ثم فان رواد الفضاء فى هذه الرحلة يتعرضون على مدى فترة تناهز ستة أيام للأشعة الكونية بكل شدتها ، ومع ذلك لم تظهر أى اضرار صحية على الرواد الذين قاموا بالفعل بزيارة للقمر •

غير أن المستقبل سيشهد فترات أطول من تعرض الانسان للأشعة الكونية • فمن المخطط أن تقلع سفن فضاء على متنها بشر صوب المريخ وربما أبعد من ذلك • وحينئذ لن يقتصر التعرض لبضعة أيام بل سيمتد لشهور وربما لأعوام •

ومن الوارد اقامة مستوطنات فضائية يسكنها آلاف من البشر لمدة غير محدودة • الأمر اذن لن يتعلق بمجرد بضع سنين ولكن بأعمار كاملة وأجيال • وسيأتى وقت يتزوج فيه الناس فى الفضاء ويولد الأطفال فى الفضاء ويشبون فى الفضاء • فهل سيؤدى تعرضهم لقصف الأشعة الكونية الى زيادة معدل التغير الاحيائي ؟ هل سترتفع نسبة العاهات والتشوهات فى المواليد ؟ هل سيضفى ارتفاع نسبة العبء الجينى صعوبة على الحياة فى الفضاء أو سيجعلها مستحيلة ؟

لو كانت المستوطنات الفضائية ذات حجم مناسب ، فسيمكنه بناء جدار يحميها ولو جزئيا من الأشعة الكونية ، حتى بدون غلاف جوى يصل سمكه الى أميال ، وبدون حاجة لمجال مغناطيسى على مستوى الكوكب لكفالة تلك الحماية •

ويمكن الاستعانة بالمعادن والزجاج المستخلصين من القمر (وهو أمر وارد) فى بناء تلك المستوطنات أما الصخور القمرية ، فسوف تستخدم بعد تنقيتها فى فرش الأرضية الداخلية للمستوطنة ، وسوف

تستقر مكانها بفضل قوة الجذب المركزية الناجمة عن دوران المستوطنة .
وسوف تستخدم هذه الأرضية فى أعمال الفلاحة ، ويمكن زيادة سمكها
بدرجة تتيح امتصاصها لنسبة كبيرة من جسيمات الأشعة الكونية .

واننا نتطلع الى رحلات جسد طويلة على متن سفن قضاء ضخمة ،
تبنى فى الفضاء ، وتطلق من الفضاء ، وتكون بمثابة عوالم صغيرة قائمة
بذاتها . ويمكن أيضا تكسية السطح الداخلى للسفينة بترية تحقق ميزتى
الزراعة وامتصاص الأشعة الكونية .

ولكن ، فى المقابل ، سيأتى وقت تتزايد فيه خطورة الأشعة الكونية
بصفة مؤقتة . فقد يحدث فجأة أن يندلع لهب شمسى عملاق يلفظ سيلاً
من جسيمات الأشعة الكونية تصصف بكل المستوطنات والسفن الفضائية .
وقد يكون ذلك السيل هينا ، لا يستغرق وقتاً طويلاً ، ومن ثم يسفر عن
جسيمات ضعيفة بمقاييس الأشعة الكونية ، وفى هذه الحالة يبرز
بلا شك الدور الحمايى لطبقات التربة فى المستوطنات والسفن
الفضائية .

ثم ان انفجارات السوبر نوبا الفجائية ستزيد هى الأخرى من وطأة
الأشعة الكونية ، صحيح أنها نادرة ، ولكنها تطلق جسيمات فائقة الطاقة
وعلى مدى فترة أطول . غير أن مثل تلك الانفجارات عادة ما تكون بعيدة
بحيث يتضاءل خطرهما .

ولا يفيب عن الأذهان بالطبع أن احتمال تزامن وتضافر العوامل
الضارة ، بما يسفر عن مأساة ، احتمال وارد . فما أن تقام مستوطنات
فى الفضاء ومجتمعات ، فلا مفر من وجود رحلات قصيرة ينتقل فيها
الناس من مستوطنة الى أخرى فى مركبات فضائية صغيرة غير مصفحة ،
ولا مفر من وجود أشخاص يعملون فى الفضاء لا يرتدون سوى بدلة
فضائية . ولو اجتاحت فى ذلك الحين تيار مفاجئ من الأشعة الكونية ،
سواء أكان وارداً من الشمس أم من جراء انفجار سوبر نوبا فإنه سيسفر
عن حلول ضرر بالغ يقصر كثيراً من عمر الحياة أو يقضيها تماماً . غير اننا
سنطرح ذلك الاحتمال جانباً بوصفه حادثاً عارضاً لا يمكن الفكك منه -
شأنه فى ذلك شأن الأرواح التى تزهب على الأرض من جراء التعرض
للعواصف الثلجية أو الصواعق - ولا ينبغى أن ندعه يعرقل مسيرة
الانسان فى سبر أغوار الفضاء .

وقد يصل الانسان مستقبلاً الى درجة من العلم تتيح له التنبؤ بدقة
باحتمالات وقوع انفجارات سوبر نوبا قريبة ، وبتوقيتها ، كما تتيح
التنبؤ بحالة الجو الشمسى ، ومن ثم التعرف على احتمالات وقوع

الانفجارات الشمسية القوية ، ولو توصل الانسان الى ذلك ، فسيكون من السهل درء الخطر بقدر المستطاع ، وذلك باستدعاء أكبر عدد من الأشخاص الذين يسبحون في الفضاء بدون وقاية كافية ، حتى يمر الوقت العصيب ثم يستأنف ، ذلك النوع من النشاط .

السوبر نوبا القادم

واذا كان الانسان ينعم بالأمان على سطح الأرض ، فذلك يرجع الى عدم وجود سوبر نوبا مدمر قريب ، ولو ظهر نجم سوبر نوبا في مجرتنا دون أن تحجبه سحب الغبار الفضائية ، فسيظهر على هيئة بقعة متألقة في جتح ليل السماء ، ولو كان ذلك السوبر نوبا على بعد متوسط ، فسي فوق بريقه أى نجم أو كوكب آخر في السماء (على غرار سوبر نوبا الذئبة الذى ظهر عام ١٠٠٦) ، بل ينافس القمر ذاته في ضسوته ، ومن ثم سيكون بوسع الانسان ان يراه حتى فى وضع النهار ولفترة من الزمن .

ولم يحدث منذ عام ١٩٠٤ ، أن ظهر نجم سوبر نوبا يمكن أن يراه الانسان بالعين المجردة ، وان كان ذلك القول ينطوى على نوع من الزيف ، حيث يبعث معدل اندلاع السوبر نوبا على توقع حدوث عدد منها خلال ال ٤٠٠ عام الماضية .

واذا كان الناس قد فاتهم فرصة رؤية نقطة ضوء شديدة البريق فى السماء ، لضالة حجبها وقصر فترة وهجها ، فقد فات علماء الفلك ما يفوق ذلك بكثير . ولو أن سوبر نوبا سباطما وقع فى مجال الرؤية ، وتصادف تركيز الأجهزة الحديثة عليه ، لعلم الانسان على مدى أيام قليلة من أمر السوبر نوبا وتطور الفضاء بصفة عامة ، ما يفوق ما سعى اليه طوال القرون الأربعة الماضية ، منذ أن رأى آخر سوبر نوبا بالعين المجردة .

ولكن الى متى سيستمر ذلك الجمود السماوى ؟ هل يشهد المستقبل القريب ظهور سوبر نوبا ساطع ؟

نعم ، الفرصة سانحة ، بل ويمكن طرح تصورات منطقية بشأن موقعه المحتمل .

ولعلنا نتناول الأمر خطوة خطوة :

أولا : ان توقع اندلاع انفجار سوبر نوبا فجأة فى غضون الأعوام القليلة القادمة يقتضى أن يكون النجم المعنى يمر حاليا بمراحله الأخيرة

قبل الانقباض ، وذلك يعني أنه فى مرحلة العملاق الأحمر . ولابد أن يكون على مسافة قريبة نسبيا لكي تتاح الفرصة لرؤية وميض الانفجار . وبالتالي ينبغى فى سبعينا للتكهن بالسوبر نوبا المرتقب أن نركز على المتعلقات الحمراء القريبة .

وأقرب متعلق أحمر الى الأرض هو شبيات (Scheat) فى برج الفرس الثانى (Pegasus) ، حيث لا تزيد مسافته على خمسين فرسخا . ولكن قطره يعادل نحو ١١٠ أمثال قطر الشمس . ويعد ذلك الحجم ضئيلا بالنسبة لعملاق أحمر ، ولو أن ذلك هو أقصى حجم سيصل اليه فذلك يعني أن كتلته لا تزيد على كتلة الشمس ، وبالتالي فلن يتحول أبدا الى سوبر نوبا . أما لو أنه مازال فى مرحلة التمدد فأمامه أمد طويل قبل بلوغه الحجم الملائم وبالتالي لانتوقع انفجاره قبل مليون سنة أو يزيد .

أما النجم ميرا أو « أعجوبة قيطس » ، فهو يبعد عن الأرض بمقدار سبعين فرسخا ، ولكن قطره يعادل ٤٢٠ مثل قطر الشمس وهو بالتأكد يفوقها فى كتلته . علاوة على ذلك فإنه يومض بشكل غير منتظم وتلك علامة على أنه فى مراحله الأخيرة وفى حالة عدم استقرار متزايدة ، ومن ثم فهو من النجوم المرشحة لأن يكون السوبر نوبا المرتقب .

وهناك ثلاثة متعلقات حمراء أخرى قريبة نسبيا ، حيث لا يزيد بعدها على ١٥٠ فرسخا وكلها أثقل من ميرا . المتعلق الأول هو رأس الجائى ويقع فى برج الجائى ويعادل قطره ٥٠٠ مثل قطر الشمس ، والثانى هو قلب العقرب ويقع فى برج العقرب بقطر يساوى ٦٤٠ مثل قطر الشمس ، والثالث هو منكب الجوزاء ويقع فى برج الجوزاء وهو أكبرهم حجما وأيضا فى مرحلة الوميض مثل ميرا . أما كتلته فهى تتراوح بين ١٥ و ٣٠ مثل كتلة الشمس .

وتشير دلائل عديدة فى الواقع الى أن منكب الجوزاء على وشك التحول الى سوبر نوبا . فهو يتسم بضخامة الرياح الفضائية المحيطة به ويطلق سنويا كمية من الكتلة تصل الى ١/١٠٠٠٠٠٠ من كتلة الشمس كما أنه يفقد كل يوم ونصف مقدارا من المواد فى مثل كتلة القمر .

كذلك فإن الكم الضخم من الرياح الفضائية يوحى بأن يكون النجم محاطا بهالة من الغازات تفيد دراسات حديثة بأنها تفتقر الى نوبات الكربون . ويعتقد أن ذلك الافتقار الى نوى الكربون يصاحبه ارتفاع فى نسبة نويات النيتروجين . ولقد تبين لدى دراسة بقايا السوبر نوبا أنها غنية بالنيتروجين ، وبالتالي، فلو اتضح أن الغلاف الخارجى لمتعلق

أحمر غنى بالنيتروجين ، فذلك يدل على أن انفجارا سوبر نوبا ليس ببعيد .

غير أن لفظ « ليس ببعيد » فى علم الفلك لايعنى انه ينبغي علينا أن نتطلع كل ليلة الى السماء ، ففي عمر النجوم قد تستغرق كلمة « قريب » ألف سنة وقد تصل الى عشرة آلاف سنة . وينساء على ذلك فقد ينفجر منكب الجوزاء غدا (أو ربما يكون قد انفجر بالفعل منذ قرابة خمسمائة عام وسيصلنا ضوؤه فى نهاية المطاف غدا) وقد تمر آلاف السنين قبل أن ينفجر .

ولو سنحت الفرصة لعلماء الفلك لأن يشهدوا ولو لمرة واحدة انفجارا سوبر نوبا ، أى سوبر نوبا قريب ، فسوف يكتشفون الكثير عن ملاسبات مثل تلك الانفجارات ، مما يمكنهم فى مرات قادمة من التنبؤ بشكل أدق بوقت حدوث الانفجار .

ولو انفجر منكب الجوزاء ، فسوف يفوق فى بريقه كل السوبر نوبا السابقة على مدى عمر البشرية ، فهو أقرب الى الأرض من أى منها ، حيث يقع تقديرا على بعد عشر مسافة الانفجار السوبر نوبا الذى شهده عام ١٠٥٤ .

وقد يصل منكب الجوزاء فى بريقه الى درجة تماثل ضوء البدر . غير أن ضوء البدر ليس بضار ، وبوسع المرء أن ينظر اليه كيف يشاء ، فهو يشع بنفس الشدة من كل بقعة فى القرص القمري ولا يتركز فى بقعة معينة ضئيلة بحجم النجم مثلا ، بينما ضوء سوبر نوبا منكب الجوزاء سيتركز فى نقطة صغيرة ، ولن يكون من الحكمة النظر اليه لفترة طويلة خشية أن تتعرض شبكية العين للذى .

ومن المتوقع أن يسفر انفجار منكب الجوزاء ، لاسيما لو وقع فى وقت يتلاشى فيه المجال المغناطيسى للأرض ، عن موجة عاتية من الأشعة الكونية من شأنها أن تحدث زيادة ملموسة فى العبء الجينى لعدد من الكائنات الحية ، بل قد تؤدي الى فناء بعض الأجناس ، ولو وقع ذلك الانفجار بينما الانسان قد استطاع أن يخرج الى الفضاء ولكنه لم يصل بعد الى مرحلة بناء وسائل انتقال أو اقامة تحظى بالحماية الكافية ، فقد يلحق ضرر بالغ بمن يتصادف وجودهم فى الفضاء فى ذلك الوقت ، ولكنه لا حيلة لنا فى ذلك فى الوقت الراهن .

وقد لا يكون منكب الجوزاء هو النجم المرتقب لأن يتحول الى سوبر نوبا مرئى . ويرى بعض علماء الفلك أن أقرب النجوم المرشحة

للتحول هو النجم ايتا كارينا الذى كان جون هيرشيل أول من تناوله
بالدراسة حسبما أشرنا آنفا .

فالنجم ايتا كارينا يتميز بعاصفة فضائية أعنف من تلك المحيطة
بمنكب الجوزاء . وبالتالي تتسم حالة الغاز المحيطة به بأنها أكثر كثافة ،
وتمتص تلك الهالة من الغاز جانبا من الضوء الذى يشعه ايتا كارينا
ومن ثم يبدو النجم أقل بريقا . ويصدر الضوء بعد ذلك فى أقل صور
طاقته أى على هيئة أشعة تحت الحمراء ، ولتحقيق التوازن حسب
قانون الطبيعة ، لابد أن تزيد كمية الأشعة تحت الحمراء لتعويض الفارق
فى الطاقة . ويفيد الواقع فعلا بأن ما يصل الى الأرض من الأشعة
تحت الحمراء من ايتا كارينا يزيد عما يرد من أى جرم آخر فى السماء
خارج المجموعة الشمسية .

ومن شأن ايتا كارينا أيضا أن الغلاف المحيط به يفتقر الى الكربون
وغنى بالنيروجين ، ثم ان النجم أخيرا يفوق منكب الجوزاء فى عدم
استقراره ، علاوة على انه تعرض فى الماضى لانفجارات محدودة نسبيا
جعلته يبدو ، ولو لمرة واحدة على الأقل ، ثانى النجوم فى السماء من حيث
شدة البريق ، لا يتقدم عليه سوى الشعرى اليمانية .

غير أن الشعرى اليمانية يبعد عن الأرض بمقدار ٢٧ فرسخ بينما
يبعد ايتا كارينا بمقدار ٢٧٥٠ فرسخا ، أى ألف مثل بعد الشعرى
اليمانية ، وبالتالي لابد أن تكون شدة اضاءة ايتا كارينا تعادل مليون مثل
شدة اضاءة الشعرى اليمانية حتى يبدو على نفس الدرجة من البريق .

ويبعث ذلك على الاعتقاد بأن ايتا كارينا أقرب للتحول الى سوبر نوبا
من منكب الجوزاء . غير انه لو تعرض للانفجار فلن يكون مبهرا ، حيث
انه يبعد عن الأرض بمسافة تعادل عشرين مثل مسافة منكب الجوزاء ،
وبالتالى سيكون بريقه أشد قليلا من ١/٤٠٠ من بريق منكب الجوزاء ،
علاوة على أن ايتا كارينا يقع فى مواجهة النصف الجنوبى من الكرة
الأرضية بعيدا عن خط الاستواء ، فلو انفجر لن يراه أحد فى أوروبا
وفى معظم أراضي الولايات المتحدة .

والأهم من ذلك أن سوبر نوبا ايتا كارينا سيكون أقل ضررا على
الحياة من منكب الجوزاء .

فى النهاية نقول اننا بعدنا تماما عن نظرية أريسطو بشأن هدوء
السماء واستقرارها ، وأدركنا أنها سماء تموج بالعنف وبطاقات هائلة
تحرك الأحداث هنا وهناك ، وعرفنا اننا يمكن أن نشهد فى أى لحظة ،

وبالعين المجردة حدثنا عنيفا مثل انفجار نجم ، واننا لسنا بمنأى عن
الخطر الذى قد يسفر عنه ذلك الحدث .

ولكن لعلنا نعود الى صفاء نفوسنا ولا نجار أبدا بالشكوى ،
فلولا مثل تلك الانفجارات ، ولولا فناء النجوم والشموس ، ما نشأت
شمسنا وما تكونت الأرض بشكلها الحالى ولما تواجدنا نحن وكل صور
الحياة الأخرى - لننعم بكوكبنا وبشمسنا وليتمتع البشر بصفة خاصة
(ومنهم قارئو هذا الكتاب) بنعمة الفضول وحب المعرفة والتعجب ،
تلك النعمة التى نحسها ، فى كل ليلة نتطلع فيها الى مجرتنا الممتدة
فى هذه السماء المعتمة .

اقرا فى هذه السلسلة

برتراند رسل	احلام الاعلام وقصص اخرى
ى . رادونسكايا	الاكترونيات والحياة الحديثة
الدس هكسلى	نقطة مقابل نقطة
ت . و . فريمان	الجغرافيا فى مائة عام
رايموند وليامز	الثقافة والمجتمع
ر . ج . فوربس	تاريخ العلم والتكنولوجيا (٢ ج)
ليسترديل راى	الأرض الغامضة
والتر آلن	الرواية الانجليزية
لويس فارجاس	المرشد الى فن المسرح
فرانسوا دوماس	آلهة مصر
د . قدرى حفى وآخرون	الانسان المصرى على الشاشة
أولج فولكف	القاهرة مدينة ألف ليلة وليلة
عاشم النحاس	الهوية القومية فى السينما العربية
ديفيد وليام ماكدوال	مجموعات النقود
عزيز الشوان	الموسيقى - تعبير نفسى - ومنطق
د . محسن جاسم الموسوى	عصر الرواية - مقال فى النوع الأدبى
اشراف ص . بى . كوكس	ديلان توماس
جون لويس	الانسان ذلك الانسان الفريد
بول ويست	الرواية الحديثة
د . عبد المعطى شعراوى	المسرح المصرى المعاصر
أنبور المصداوى	على محمود طه
بيل شول أدنبيت	القوة النفسية للأهرام
د . صفاء خلوصى	فن الترجمة
رالف تى مانلو	تولستوى
فيكتور برومبير	ستندال

رسائل واحاديث من النفي	فيكتور هوجو
الجزء والكل (محاورات في مفسماو نيرنر هيزنبرج	
الفيزياء الذرية)	
التراث الغامض ماركس والماركسيون	سدني هوك
فن الادب الروائي عند تولستوى	ف . ع . اديكوف
ادب الاطفال	هادى نعمان الهيتى
أحمد حسن الزيات	د . نعمة رحيم العزاوى
اعلام العرب فى الكيمياء	د . فاضل أحمد الطائي
فكرة المسرح	فرنسيس فرجون
الجحيم	هنرى باربوس
صنع القرار السياسى	السيد عليوة
التطور الحضارى للانسان	جاكوب برونوفسكى
هل نستطيع تعليم الاخلاق للاطفال ؟	د . روجر ستروجان
تربية الدواجن	كاتى ثير
الموتى وعالمهم فى مصر القديمة	ا . سينسر
النحل والطب	د . ناعوم بيتروفيتشى
سبع معارك فاصلة فى العصور الوسطى	جوزيف دلهوس
سياسة الولايات المتحدة الأمريكية ازاى	
مصر ١٨٣٠ - ١٩١٤	د . لينوار تشامبرز رايت
كيف تعيش ٣٦٥ يوما فى السنة	د . جون شندلر
المصحافة	بيير البير
اثر الكوميديا الالهية لدانتى فى الفن	
التشكيل	الدكتور شبريال وهبه
الادب الروسى قبل الثورة البلشفية	
وبعدا	د . رمسيس عوض
حركة علم الانحياز فى عالم متغير	د . محمد نعمان جلال
الفكر الاوروبى الحديث (٤ ج)	فرانكلين ل . باومر
الفن التشكيلى المعاصر فى الوطن العربى	
١٨٨٥ - ١٩٨٥	شوكت الريبعى
التنشئة الاسرية والابناء الصغار	د . محيى الدين أحمد حسين

تأليف : ج . ج . دلدلى اندرو	نظريات الفيلم الكبرى
جوزيف كونراد	مختارات من الأدب القصصى
طائفة من العلماء الأمريكين	الحياة فى الكون كيف نشأت واين توجد ؟
د . محمد أسعد عبد الرؤوف	حرب الفضاء
د . السيد عليوة	ادارة الصراعات الدولية
د . مصطفى عنانى	الميكروكمبيوتر
صبرى الفضل	مختارات من الأدب اليابانى
جابريل باير	تاريخ ملكية الاراضى فى مصر الحديثة
أنطونى دى كومبىنى	اعلام الفلسفة السياسية المعاصرة
وكينيث هينوج	كتابة السيناريو للسينما
دوايت موين	الزمن وقياسه
زافيلسكى ف . س	أجهزة تكييف الهواء
أبراهيم القرصاوى	الخدمة الاجتماعية والانضباط الاجتماعى
بيتر رداى	سبعة مؤرخين فى العصور الوسطى
حوزيف داهموس	التجربة اليونانية
م . م بورا	مراكز الصناعة فى مصر الاسلامية
د . عاصم محمد رزق	العلم والطلاب والمدارس
رونالد د . سمپسون	الشارع المصرى والفكر
و نورمان د . أندرسون	حوار حول التنمية الاقتصادية
د . أنور عبد الملك	تبسيط الكيمياء
والث روستو	العادات والتقاليد المصرية
فرد . س . هيس	التلوق السينمائى
جون بوركهارت	التخطيط السياحى
الان كاسبيار	البذور الكونية
سامى عبد المعطى	
فريد هويل	
شانندرا ويكراما ماسينج	دراما الشاشة (٢ ج)
حسين حلمى المهندس	الهروين والايدز
روى روبرتسون	صور القرية
دوركاس ماكلينتوك	

نجيب محفوظ على الشاشة
الكمبيوتر في مجالات الحياة
المغدرات حقائق اجتماعية ونفسية
وظائف الأعضاء من الألف الى الياء
الهندسة الوراثية
تربية أسماك الزينة
الفلسفة وقضايا العصر (٣ ج)

الفكر التاريخي عند الإغريق
قضايا وملاح الفن التشكيلي
التقليد في البلدان النامية
بداية بلا نهاية
الحرف والصناعات في مصر الإسلامية
حوار حول النظامين الرئيسيين
للكون
الارهاب
اختاتون
القبيلة الثالثة عشرة
التوافق النفسي
الدليل الببليوجرافي
لغة الصورة
الثورة الإصلاحية في اليابان
العالم الثالث غدا
الانقراض الكبير
تاريخ النقود
التحليل والتوزيع الأوركستريال
الشاهنامة (٢ ج)
الحياة الكريمة (٢ ج)
كتابة التاريخ في مصر ق ١٩٠
قيام الدولة المشمانية

هاشم النحاس
د . محمود سرى طه
بيتر لورى
بوريس فيدروفيتش سيرجيف
ويليام بينر
ديفيد الدرتون
جمعها : جون ر . بورر
وميلتون جولدينجر
أرنولد توينبى
د . صالح رضا
م . هـ . كنج وآخرون
جورج جاهوف
د . السيد طه أبو سديرة
جاليليو جاليليه
أريك موريس ، آلان هو
سيريل الدريد
آرثر كيستلر
توماس أ . هاريس
مجموعة من الباحثين
روى أرمنز
ناجى متشيو
بول هاريسون
ميكائيل البى ، جيمس لفلوك
فيكتور مورجان
اعداد محمد كمال اسماعيل
الفروضى الطوسي
بيرتون بورتر
جاك كرابس جونيور
محمد فؤاد ، كوبريلي

بول كوثر
اختيار واعداد صبرى الفضل
توني بار
نادين جورديس وآخرون
موريس بيريراير
آدامز فيليب
أحمد الشنواني
جوناثان ريلي سميت
ريتشارد شاخنت
زيجمونت هبئر
الفريد . ج . بتلر
اعداد . د . فيليب عطية
ادوارد مري
هربرت شيلر
الحاج يونس المصرى
ستيفن أوزمنت
نفتالى لويس
بيتر نيكوللز
اعداد : موني براح وآخرون
جابر محمد الجرار
فانس بكارد
ج . هـ . ويلر
ابرايم كريم الله
سوريال عبد الملك
مارجريت روز

العثمانيون فى اوربا
مختارات من الآداب الآسيوية
التمثيل للسينما والتليفزيون
سقوط المطر
صناع الخلود
دليل تنظيم المتاحف
كتب غيرت الفكر الانسانى (٣ ج)
الحملة الصليبية الاولى
رواد الفلسفة الحديثة
جماليات فن الاخراج
الكنائس القبطية (٢ ج)
ترانيم زرادشت
النقد السينمائى الأمريكى
الاتصال والهيمنة الثقافية
رحلات فارتيها
التاريخ من شتى جوانبه ٣ ج
مصر الرومانية
السينما الخيالية
السينما العربية من الخليج الى المحيط
اتفاقية ماستريخت
انهم يصنعون البشر ٣ ج
معالم تاريخ الانسانية ٤ ج
من هم التتار
حديث النهر
ما بعد الحداثة



تطلب كتب هذه السلسلة من :

- باعة الصحف •
 - مكتبة الهيئة •
 - المعرض الدائم للمكتاب بمقر الهيئة •
 - منافذ التوزيع فى أماكن وفروع الثقافة الجماهيرية وهى
كما يلى :
 - الوادى الجديد •• الداخلة والخارجة •
 - البحيرة •
 - المنيا •
 - دمياط •
 - قامسكور •
 - القليوبية (بنها) •
-

مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب

رقم الايداع بدار الكتب ٤١٩٢ / ١٩٩٤

ISBN — 977 — 01 — 3370 — 7

يتناول هذا الكتاب الشيق موضوعا جذابا يشمل بتفصيل جميل كل ما يتعلق
بنشأة الكون منذ الانفجار العظيم الذى وقع قبل خمسة عشر بليون سنة وما
صاحبه من تكون سحب ضخمة من الهيدروجين والهليوم هى أصل كل شئ.

ويسلط الكتاب الضوء على الظاهرة المعروفة باسم السوبرنوفرا أو الشموس
الضخمة غير المستقرة والتي تعد انفجاراتها المروعة أعنف ما تشهده الأكوان من
أحداث على الإطلاق. وتنسب الأبحاث الفلكية الحديثة كل ما يحتويه الكون
الفسيح من عناصر وكواكب ومجرات شاسعة وشتى صور الحياة إلى هذه
الانفجارات.

